Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі
«Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

ЮСУПОВ С.Т., САРБАЕВА М.Д.,
НИГМЕТЖАНОВА М.К., МУДАРОВ А.А.

ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР МЕН ТАРАТУ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР БЕРІЛІС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫНА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУ

0902000 – «Электрмен қамтамасыз ету»
мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік, орта
білімнен кейінгі білім беру жүйесіне арналған
өзектендірілген үлгілік оқу жоспарлары мен
бағдарламалары бойынша оқу құралы ретінде әзірленді

Астана, 2018 ж.

ӘОЖ 621.31 (075)
КБЖ 31.21 я73
Қ67

Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр беріліс желілерінің электр жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу Оқу құралы / Юсупов С. Т., Сарбаева М. Д., Нигметжанова М. К., Мударов А. А. - Астана: «Кәсіпқор» холдингі» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2018 ж. - 130 б.

ISBN 978-601-333-493-6

Оқу құралы 0902000 «Электрмен қамтамасыз ету» мамандығы бойынша «Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр беріліс желілерінің электр жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу» кәсіптік модулін игеруге арналған.

Оқу құралында энергетикалық жүйелер; негізгі электржабдықтардың конструкциялары, әрекет принциптері; электр станциялары мен қосалқы станциялардың электржабдықтарының және электржабдықтарының конструктивтік ерекшеліктері; электр тораптарының нейтралдарының жұмыс тәртібі; қосалқы станциялардың өзіндік мұқтаждық жүйелерін электрмен қамтамасыз ету тәсілдері, жедел ток көздері, қосалқы станциялардағы өлшеу жүйелері және қосалқы станциялардың асқын кернеулерден қорғаныстары туралы мәліметтер қамтылған; қызмет көрсетілетін жабдықтың негізгі түрлерінің, әуе және кабель желілерінің, электр жарықтандыру қондырғыларының және цех электр желілерінің техникалық сипаттамалары туралы мәліметтер келтірілген. Электр қондырғыларына техникалық қызмет көрсету және жөндеу мәселелері қаралды.

Білімді тексеру мен бекітуге қажетті сызбалар, электр тізбектерінің сұлбалары, бақылау сұрақтары, электр желілері мен электр жабдықтарын пайдалануды басқару мен бақылаудың жекелеген сұрақтарын тереңдетіп зерделеу үшін библиографиялық тізім қамтылған.

Оқу құралы студенттерге, оқытушыларға зертханалық-практикалық сабақтарды ұйымдастыру үшін, өндірістік оқыту шеберлеріне өндірісте жұмысшыларды дайындау кезінде пайдасын тигізеді.

ӘОЖ 621.31 (075)
КБЖ 31.21 я73

Рецензенттер:

PhD докторы, ҚР БҒМ «Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті» ШЖҚ РМК «Ақпараттық технологиялар және энергетика» мектебі деканының орынбасары - Уазырханова Г. К.;

«Өскемен политехникалық колледжі» КМҚК арнайы пәндер оқытушысы - Иващенко Л. А.;

«Сараптама және аналитика» ЖШС директоры -Хасис А. Г.

«Кәсіпқор» холдингі» АҚ-ның Ғылыми-әдістемелік кеңесімен мақұлданды, 2018 жылғы 26 қыркүйектегі №2 хаттама

©«Холдинг «Кәсіпқор» КАҚ, 2018 ж.
«Delta Consulting Group» ЖШС аударған

Белгіленулер мен қысқартулар тізбесі

РАҚ	Резервті автоматты қосу
АРАЖ	Асинхронды режимді автоматты жою құрылғысы
АРАШ	Асинхронды режимді автоматты шектеу құрылғысы
ЖЖАШ	Жиіліктің жоғарылауын автоматты шектеу құрылғысы
КТАШ	Кернеудің төмендеуін автоматты шектеу құрылғысы
ЖТАШ	Жиіліктің төмендеуін автоматты шектеу құрылғысы
АҚҚ	Автоматты қайта қосу
ОБАА	Орнықтылық бұзылуының автоматты алдын алу құрылғысы
ЖАТ	Жабдықты автоматты түрде түсіру
ЖАТ	Жиілікті автоматты төмендету
ТЖТҚ	Тоқтатқыш жинақтаушы тарату құрылғылары
ӘЖ	Әуе желісі
ӘЭБЖ	Әуе электр беру желісі
ЖК	Жоғары кернеу
МЕМСТ	Мемлекеттік стандарт
БТҚС	Басты төмендетуші қосалқы станция
ГЭС	Гидроэлектростанция
ЖТҚ	Жабық тарату құрылғылары
ҚТ	Қысқа тұйықталу
ЖТҚ	Жинақты таратқыш құрылғы
СЖТҚ	Сыртқа орнатылатын жинақты таратқыш құрылғы
БҚК	Біржақты қызмет көрсетілетін құрама камера
ЖТҚС	Жиынтық трансформаторлық қосалқы станциялар
БЖҚС	Блокты типті жиынтық қосалқы станция
СЖТҚС	Сыртқа орнатылатын жиынтық трансформаторлық қосалқы станция
МТ	Механикалық түзеткіш
АКШ	Асқын кернеуді шектегіш
АТҚ	Ашық тарату құрылғысы
БЭЖ	Біріккен энергия жүйелері
ТЕҚС	Терең енгізілетін қосалқы станциясы
ЭОҚ	Электр қондырғыларын орнату қағидалары
РАЖ	Регенеративті ауа жылытқыштар
РҚжА	Релелік қорғаныс және автоматика
СЕЖКА	Сыртқа орнатылатын, екі дөңгелекті, желілік контактісі бар ажыратқыш
ТП	Тарату пункті
ЖКР	Жүктемедегі кернеуді реттеу
ТҚ	Тарату құрылғысы
ЖКТҚ	Жоғары кернеулі тарату құрылғысы
ТКТҚ	Төмен кернеулі тарату құрылғысы
ҚНжЕ	Құрылыс нормалары мен ережелері

ТҚС	Трансформаторлық қосалқы станция
ТТ	Ток трансформаторлары
ЖЭО	Жылу электр орталығы
РАҚҚ	Резервті автоматты қосу құрылғысы
ТАТҚ	Ток бойынша автоматты түсіру құрылғысы
ТТҚС	Тораптық тарату қосалқы станциясы
ОТП	Орталық тарату пункті
ТКШ	Төмен кернеулі шина
ЖЖҚ	Жұмыс жарықтандыру қалқаны
ЭЕМ	Электронды есептеу машинасы
ЭҚК	Электрқозғаушы күш
ЭЖ	Электр жетегі
ЭҚ	Электр қондырғысы

Мазмұны

Кіріспе 7

1-тарау Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр жабдықтары 9

1.1 Энергетикалық жүйелер туралы негізгі мәліметтер 9

1.1.1 Негізгі ұғымдар мен анықтамалар 9

1.1.2 Электр қондырғылары туралы жалпы мәліметтер 10

1.1.3 Электрмен жабдықтау жүйелеріндегі кернеулер 13

1.2 Қосалқы станция сұлбасын таңдау 16

1.2.1 Қосалқы станциялардың міндеті мен жіктемесі 16

1.2.2 Кернеуі 35÷220/6 (10) кВ трансформаторлық қосалқы станциялар 18

1.2.3 Кернеуі 35÷220/6 (10) кВ жиынтық трансформаторлық қосалқы станциялар 19

1.2.4 БТҚС қосалқы станциялардың электрлік қосылыстарының сұлбалары 24

1.3 Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтарының конструктивтік ерекшеліктері 28

1.4 Аппараттар мен ток өткізгіш бөліктерді таңдау 35

1.4.1 Жалпы мәліметтер 35

1.4.2 Ұзақ жұмыс істеу шарттары бойынша аппараттар мен ток өткізгіш құрылғыларды таңдау 35

1.4.3 Аппараттарды және ток өткізгіш құрылғыларды ҚТ режимі бойынша тексеру 37

1.4.4 Кернеуі 1000 В жоғары ажыратқыштарды таңдау 39

1.4.5 Ток шектейтін реакторларды таңдау 42

1.4.6 Ток трансформаторларын таңдау 44

1.5 Қысқа тұйықталу тогы шамаларының негізгі ұғымдары мен арақатынасы 46

1.5.1 Жалпы мәліметтер 46

1.5.2 Кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғыларындағы ҚТ токтарын есептеуге арналған есептік сұлба мен алмастыру сұлбасы 47

1.6 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу тәсілдері 52

1.6.1 Кернеуі 1000 В жоғары желілердегі және қондырғылардағы ҚТ токтарын есептеу 52

1.7 Кернеу шығыны бойынша электр желілерін есептеу әдістемесі 57

1.8 Жерге тұйықтау құрылғыларын есептеу әдістемесі және оларды орындау 62

1.9 Өткізгіш өнімнің рұқсат етілген қыздыру және токтың экономикалық тығыздығы бойынша қимасын есептеу 65

1.10 Жерге тұйықтау құрылғыларын есептеу 67

2-тарау. Электр беріліс желілерінің электр жабдықтары 69

2.1 Электр беріліс желілерінің түрлерін қолдану саласындағы білім 69

2.2 Әуе Электр беріліс желілерінің тіректері, сымдары және құрылымдық элементтері 71
2.2.1 Әуе желілерінің сымдары 71
2.2.2 Әуе желілерінің оқшаулағыштары 75
2.2.3 Әуе желілерінің тіректері 78
2.3 Электр берілісінің әуе желілерін механикалық есептеу 80
2.4 Электр берілісінің кабельдік желілерін жабдықтау 88
2.5 Электр желісі элементтеріндегі қуат шығыны 95
2.6 Қарапайым және күрделі тұйық желілерді есептеу 97
3-тарау. Энергия жүйелерінің автоматикасы 99
3.1 Резервті автоматты түрде қосу мақсаты және талаптары 99
3.2 Қосалқы станциялардағы кернеуді реттеудің мақсаты және тәсілдері 102
3.3 Резервті автоматты түрде қайта қосу және автоматты қосу сұлбасының жұмысы 106
3.4 Қозуды автоматты реттеу сұлбалары 113
3.5 Энергия жүйесінің автоматикасы 116
4-тарау. Релелік қорғаныс пен автоматиканы тексеру 119
4.1 Қорғаныс пен автоматиканы тексеруге арналған аппаратура 119
4.2 Бақылау кабельдерін тексеру әдістері 125
4.3 Шамаларды орнату орны және контактілердің жұмысы бойынша реленің электрлік сипаттамаларын тексеру кезіндегі жалпы ұсынымдар 128
4.4 Бір фазалы жүктеме трансформаторларынан бастапқы токпен қорғауды тексеру мақсаты және тәсілдері 131
4.5 Ток пен кернеудің векторлық диаграммалары 133
4.6 Токтар мен кернеудің векторлық диаграммаларын алу 138
Қорытынды 146
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 147

Кіріспе

Осы оқу құралы білім алушыларға «Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр беріліс желілерінің электр жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу» модулінің бағдарламасымен танысуға, теориялық материал негізінде зерделенетін модуль туралы толық түсінік алуға мүмкіндік береді.

«Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр беріліс желілерінің электр жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу» модулі кәсіптік біліктілік модулінің бірі болып табылады және жұмыстың нәтижелілігін сипаттайды, сонымен қатар электр желілері мен өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр жабдықтарын пайдалануды басқару және бақылау үшін қажетті дағды мен білім алуға мүмкіндік береді.

Оқу құралы оқу нәтижелеріне жетуге көмектеседі:

1) Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр жабдықтарын таңдау
2) Электр беріліс желілерінің электр жабдықтарын таңдау
3) Авариядағы қарсы автоматиканы жүргізу
4) Релелік қорғаныс пен автоматиканы тексеруді жүргізу

Қазіргі уақытта электр энергиясы энергияның ең кең қолданылатын түрі болып табылады, бұл оны алудың, түрлендірудің, үлкен қашықтыққа берудің және қабылдағыштар арасында бөлудің біршама жеңілдігіне байланысты. Электрмен жабдықтау жүйелерінде электр қосалқы станциялары мен тарату желілері үлкен рөл атқарады. Бұл ретте электр қосалқы станциялары электр энергиясын түрлендіруге және таратуға арналған электр қондырғылары ретінде қарастырылады.

Электр энергиясын тұтынушылар санының артуы қосалқы станциялардың қуатын арттыру қажеттігіне алып келеді. Бұл жағдайда қосалқы станцияның жүктемесін есепке алу маңызды рөл атқарады. Қосалқы станцияның жүктемесі оның желісіне қосылған барлық электр қабылдағыштармен тұтынылатын және электр желілерінде жоғалатын қуаттылықпен анықталады. Электр қабылдағыштардың жұмыс режимі тұрақты емес, тәуліктің әртүрлі сағаттарында және жылдың айларында өзгеріп тұрады. Олардың тұтынатын электр қуаты да өзгереді. Кернеу трансформаторларын қоса алғанда, қосалқы станциялардың электр техникалық жабдықтарының тозуы өзекті проблема болып табылады. Осыған байланысты жаңа трансформаторлық қосалқы станцияларды салу ғана емес, қолданыстағы қосалқы станцияларды жөндеу, қайта жаңарту мәселелері де өзекті болып отыр.

Жабдықтар мен желілік құрылыстарға техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді уақытында жүргізу тарату электр желілерінің сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін жоспарлы-алдын алу жөндеу жүйесі элементтерінің бірі болып табылады. Техникалық қызмет көрсету электр беріліс желілері мен қосалқы станциялардың жұмыс қабілеттілігі мен

жарамдылығын қолдау жөніндегі жұмыстар мен іс-шаралар кешенінен тұрады. Жөндеу электр желісі объектілерінің ресурсын және олардың элементтерін қалпына келтіру, жұмысқа жарамдылығы мен жұмысқа қабілеттілігін қалпына келтіру бойынша жұмыстар мен іс-шаралар кешенінен тұрады.

Электр желілерінің сенімділігін, оларды сенімді пайдалануды қамтамасыз етуге бағытталған жұмыс кешендері оңтайлы еңбек және материалдық шығындар кезінде белгілі бір кезеңділікпен жүргізіледі.

Трансформаторлық қосалқы станцияның жабдықтарын сапалы және уақтылы жөндеу тұтынушыларға электр энергиясын беруді үздіксіз ұйымдастыруды қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар электр энергиясын беру, тарату, оны есепке алудың ресурс үнемдейтін технологияларын енгізу есебінен жаңа сенімді электр техникалық жабдықты енгізу есебінен қосалқы станцияның қуатын арттыруға мүмкіндік береді.

Әзірленген оқу құралы қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр беріліс желілерінің электржабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу мәселелерін зерттеуге мүмкіндік береді және жоғары білікті техник-электрикті дайындауды мақсат етеді.

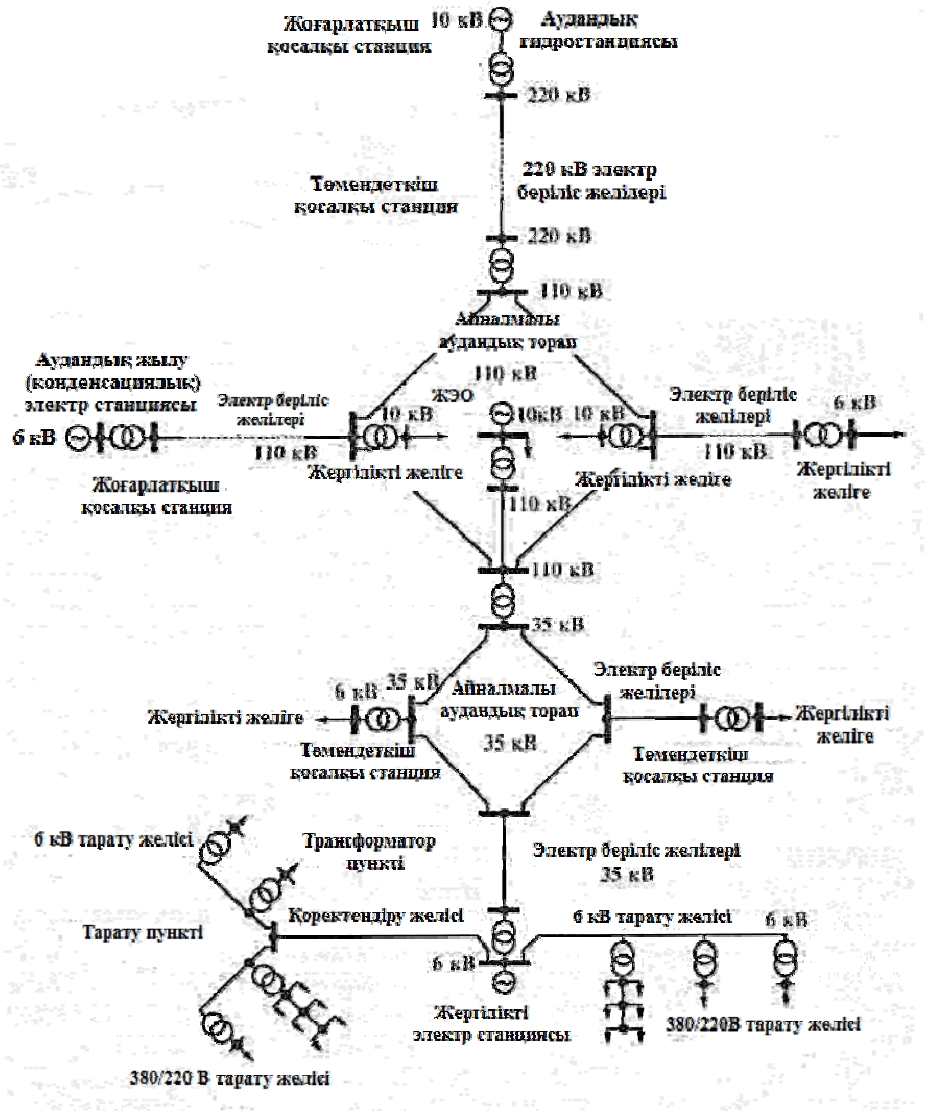
1-тарау Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр жабдықтарын таңдау

1.1 Энергетикалық жүйелер туралы негізгі мәліметтер

1.1.1 Негізгі ұғымдар мен анықтамалар

Электр станцияларының, электр және жылу желілерінің өзара байланысқан және осы режимді жалпы басқару кезінде электр энергиясы мен жылуды өндірудің, түрлендірудің және бөлудің жалпы режимімен байланысты жиынтығы *энергетикалық жүйе* (энергожүйе) деп аталады.

Генераторлардан, тарату құрылғыларынан, жоғарылататын және төмендететін қосалқы станциялардан, электр тораптары желілерінен және электр энергиясын қабылдағыштардан тұратын энергетикалық жүйенің бір бөлігі *электр жүйесі* деп аталады. 1.1-суретте электр жүйесінің үлгілік сұлбасы келтірілген.



1.1-сурет - Электр жүйесінің сұлбасы

Ішкі электрмен жабдықтау – бұл кәсіпорын аумағында және оның цехтарында орналасқан желілер мен қосалқы станциялар кешені.

Электр желісі - қосалқы станциялардан, тарату құрылғыларынан, ток өткізгіштерден, әр түрлі кернеудегі электр берілісінің әуе және кабельдік желілерінен, қосу, қорғау және басқару аппаратурасынан тұратын электр энергиясын беруге және таратуға арналған электр қондырғыларының жиынтығы. Электр желісі электр энергиясын өндіру орындарынан тұтыну орындарына беру және тұтынушылар арасында бөлу үшін қызмет етеді. Электр желісі оқшауланған және тиісті аппараттармен және ауыстырып қосуға, өлшеуге, трансформациялауға және кернеуді реттеуге және т. б. арналған аспаптармен жабдықталған сымдар жүйесінен тұрады.

Электр беріліс желілері (әуе, кабель) деп ток өткізетін элементтердің жиынтығы, олардың оқшаулануы және электр энергиясын қашықтыққа беруге арналған салмақ түсетін конструкциясы болып табылатын электр қондырғысын айтады.

Генераторлық кернеудің тарату құрылғысы немесе осы ауданның тарату желілері қосылған төмендету қосалқы станциясының екінші кернеуінің тарату құрылғысы *қоректену орталығы (немесе қоректену көзі)* деп аталады.

Кәсіпорынның электр қабылдағыштары үшін сыртқы қорек көзінен электр энергиясы түсетін электр қондырғысы *қабылдағыш пункт (немесе қабылдау пункті)* деп аталады. Электр энергиясының қабылдау пункттері тұтынылатын қуатқа және қорек көзінен алыстығына байланысты тораптық тарату қосалқы станциясы (ТТҚС), басты төмендету қосалқы станциясы (БТҚС), терең енгізілетін қосалқы станция (ТЕҚС), трансформаторлық қосалқы станция (ТҚС), тарату пункті (ТП), орталық тарату пункті (ОТП) болуы мүмкін.

Электр энергиясын түрлендіру және тарату үшін қызмет ететін және трансформаторлардан немесе басқа да энергия түрлендіргіштерден, тарату құрылғысынан, басқару құрылғысынан және қосалқы құрылыстардан тұратын электрқондырғы *қосалқы станция* деп аталады.

Электр энергиясының ағынын кернеу немесе қосалқы станцияның құрамына кірмейтін басқа электр параметрлері бойынша түрлендірусіз қабылдау және бөлу үшін қызмет ететін электр қондырғысы *тарату пункті (ТП)* деп аталады [7].

1.1.2 Электр қондырғылары туралы жалпы мәліметтер

Энергияны өндіруге, түрлендіруге (ток түрін, кернеуді, жиілікті немесе фазалар санын өзгертуге), электр энергиясын беруге, жинақтауға, таратуға және (немесе) энергияның басқа түріне түрлендіруге арналған машиналар, аппараттар, желілер мен қосалқы жабдықтардың (олар орнатылған құрылыстар мен үй-жайлармен бірге) жиынтығы *электр қондырғылары (ЭҚ)* деп аталады.

Электр қондырғылары *мақсаты, ток түрі және кернеу бойынша* бөлінеді. Әдетте, өнеркәсіптік кәсіпорындарда кернеуі 220 кВ жоғары емес ЭҚ қолданылады.

Электр энергиясы көздері бар және толық немесе ішінара кернеу астында тұрған немесе кез келген уақытта кернеу берілуі мүмкін электр қондырғылары *жұмыс істеп тұрған электр қондырғылары* деп саналады.

Электр энергиясының сапасына қойылатын талаптар МЕМСТ 13109-97, ЭҚҚ және басқа да нормативтік құжаттарда келтірілген. Электр қабылдағыштардың күштік тізбектеріндегі жиі коммутация кезінде, үлкен тербелістер мен жүктеменің соққысы кезінде, электр қабылдағыштары енгізбеген кезде электр энергиясының сапасын сақтау – қазіргі заманғы өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтаудағы күрделі міндеттердің бірі.[1]

Электрмен жабдықтау сенімділігіне қойылатын талаптар ЭҚҚ-да келтірілген.[2]

Электрмен жабдықтау сенімділігін қамтамасыз етуге қатысты электр қабылдағыштар мынадай үш санатқа бөлінеді:

а) *I санаттағы электр қабылдағыштар* – электрмен жабдықтаудағы үзілісі адамдардың өміріне қауіп төндіретін, кәсіпорындардың экономикасына айтарлықтай зардап тигізетін, негізгі қымбат жабдықтың зақымдалуы, өнімнің жаппай бүлінуі, күрделі технологиялық үрдістің бұзылуы, коммуналдық шаруашылықтың аса маңызды элементтерінің қызмет етуінің бұзылуына әкеліп соғатын электр қабылдағыштар.

I санаттағы электр қабылдағыштардың құрамынан іркіліссіз жұмысы адам өміріне қауіп төндірудің, жарылыстардың, өрттердің және негізгі қымбат тұратын құрал-жабдықтардың бұзылуының алдын алу мақсатында өндірістің авариясыз тоқтамауына қажет электр қабылдағыштардың ерекше тобы бөлінеді (өндірісті автоматтандырылған басқару жүйелері, байланыс қондырғылары, электрмен жабдықтау жүйесінің жедел тізбектері, ЭЕМ және т. б.).

I санаттағы электр қабылдағыштар ауруханалар, адамдар көп жиналатын құрылыстар (театрлар, универмагтар, стадиондар), байланыс кәсіпорындары, электрлендірілген көлік (метрополитен, темір жолдар), биіктік ғимараттар, жиынтық жүктемесі 10 000 кВА жоғары қалалық тұтынушылар топтары, металлургиялық өндірістің энергетикалық жабдықтары, шахталық желдеткіштер мен сорғылар, химиялық өнеркәсіптің көптеген қондырғылары, апаттық жарықтандыру, ЭЕМ, болат балқытатын пештер және т. б. болып табылады.

б) *II санаттағы электр қабылдағыштар* – өнімнің жаппай шығарылмауына, жұмысшылардың, механизмдердің және өнеркәсіптік

[1] МЕМСТ 13109-97 Электр энергиясы. Электромагниттік техникалық құралдардың үйлесімділігі. Жалпы мақсаттағы электрмен жабдықтау жүйелеріндегі электр энергиясы сапасының нормалары

[2] Электр қондырғыларын орнату қағидалары Қазақстан Республикасы Энергетика министрінің 2015 жылғы 20 наурыздағы № 230 бұйрығымен бекітілген

көліктің жаппай тоқтап тұруына, қала және ауыл тұрғындарының айтарлықтай санының қалыпты қызметінің бұзылуына әкелетін электр қабылдағыштар.

II санаттағы электр қабылдағыштар өнеркәсіптік кәсіпорындардың кейбір электр қондырғылары, биіктігі 5-тен 10 қабатқа дейінгі газ плиталары бар тұрғын үйлер, электр плиталары бар тұрғын үйлер, оқу орындары, емдеу және балалар мекемелері, жалпы жүктеме 400-ден 10 000 кВА-ға дейінгі қалалық тұтынушылар топтары болып табылады.

в) *III санаттағы электр қабылдағыштар* – I және II санатағы анықтамаларға сәйкес келмейтін барлық қалған электр қабылдағыштар.

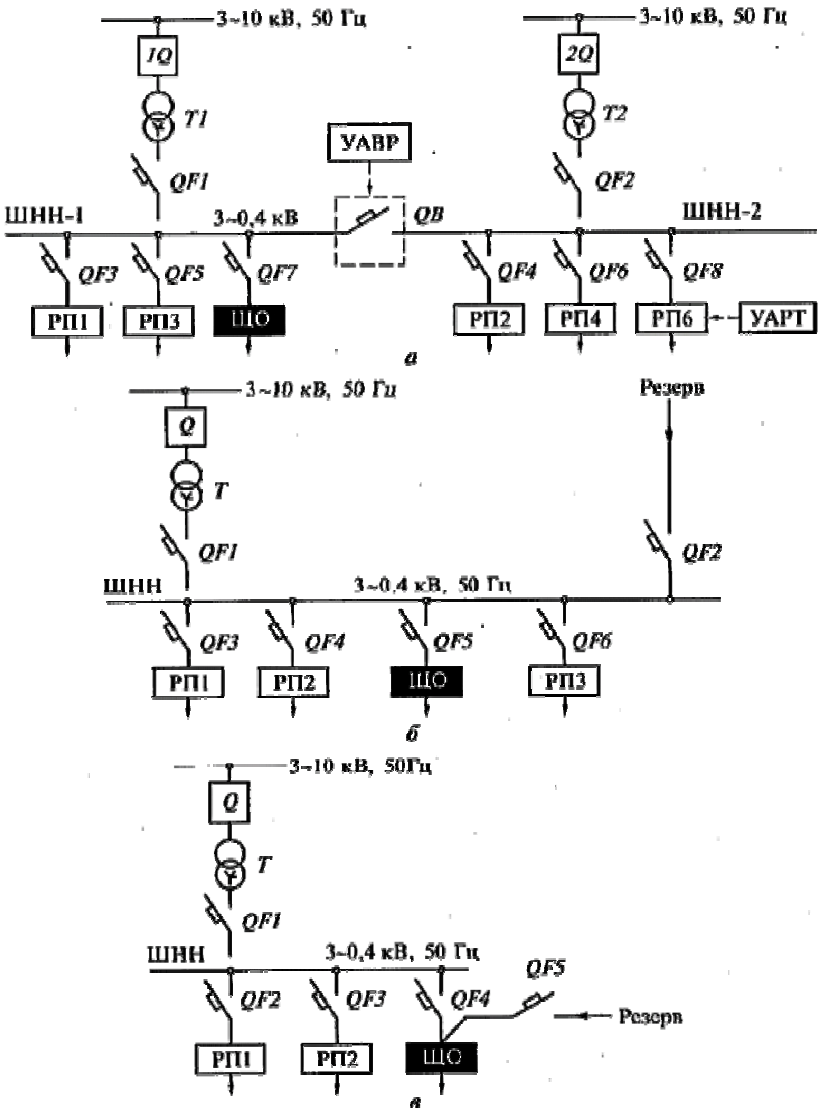
I санаттағы электр қабылдағыштар екі тәуелсіз өзара резервтегі қорек көздерінен электр энергиясымен жабдықталады, қорек көздерінің біреуінен электрмен жабдықтаудың бұзылуы кезінде олардың электрмен жабдықталу үзілісі қоректі автоматты қалпына келтіру уақытында болуына ғана жол беріледі. (1.2-сурет, *а*).

Ең дұрыс келесі екі сұлба:

- электр беріліс желілері жеке тіректерде бекітілген және әртүрлі трассалармен жүреді;
- әрбір қосалқы станция әртүрлі тіректерде орналасқан екі желі тізбегінен қоректенеді.

II санатты электр қабылдағыштар үшін екі тәуелсіз өзара резервтеу көздерінен электр энергиясымен қамтамасыз етіледі (1.2 сурет, *б*). Қоректену көздерінің бірінен электрмен жабдықтау бұзылған кезде кезекші қызметкердің немесе шығатын шұғыл бригаданың әрекеттерімен резервтік қоректендіруді қосу үшін қажетті уақытқа электрмен жабдықтау үзілісіне жол беріледі.

III санаттағы электр қабылдағыштар үшін электрмен жабдықтау электрмен жабдықтау жүйесінің бүлінген элементін жөндеу немесе ауыстыру үшін қажетті электрмен жабдықтау үзілісі 1 күнтізбелік күннен аспаған жағдайда бір қорек көзінен (1.2-сурет, в) орындалуы мүмкін [7].



РАҚҚ - резервті автоматты қосу құрылғысы; ТАТҚ-ток бойынша автоматты түсіру құрылғысы; ТКШ - төмен кернеулі шина; ТП – тарату пункті; ЖЖҚ – жұмыс жарықтандыру қалқаны; Q – күштік ажыратқыш; Т – үш фазалы цех трансформаторы; QF - автоматты ажыратқыш (автомат)

1.2-сурет - Бірінші (*а*), екінші (*б)* және үшінші санаттағы (*в*) электрмен жабдықтаудың цех сұлбалары

1.1.3 Электрмен жабдықтау жүйелеріндегі кернеу

Электр қабылдағыштың қалыпты жұмысын қамтамасыз ететін номиналды кернеуі $U_{ном}$ деп аталады.

Электр энергиясы көздерінің, желілердің және 1 кВ дейінгі электр қабылдағыштардың номиналды кернеуі 1.1-кестеде келтірілген.

1.1 кесте - 1000 В дейінгі номиналды кернеу (МЕМСТ 721-97)[3]

Тұрақты ток кезіндегі кернеу, В		жиілігі 50 Гц айнымалы ток кезіндегі кернеу, В			
		бірфазалы		үшфазалы	
желілер, қабылдағы штар	көздері	желілер, қабылдағы штар	көздері	желілер, қабылдағы штар	көздері
12	12	12	12	-	-
24	24	24	24	-	-
36	36	36	36	36	36
48	48	42	42	42	42
60	60	(127)	(133)	(220/127)	(230/133)
110	115	220	230	380/220	400/230
220	230	380	-	660/380	690/400
440	460	-	-	-	-

Ескерту. Жақшада көрсетілген мәндер жаңадан жобаланатын желілер үшін ұсынылмайды.

Кернеуі 1 кВ жоғары электр қондырғылары үшін номиналды кернеу 1.2-кестеде берілген.

Номиналды кернеулер электр станцияларының генераторларынан бастап және ең алыс электр қабылдағыштарына дейін, электрмен жабдықтау жүйесінің (ЭЖЖ) барлық элементтерінің жұмысын үйлестіру үшін орнатылған. Осы кернеуге электр жабдығы жасалады.

1.2 кесте - 1кВ жоғары номиналды фазааралық кернеу.

Желілер мен қабылдағы штардың кернеуі, кВ	Генераторлар мен синхронды компенсаторлардың кернеуі, кВ	Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың кернеуі, кВ				Электр жабдығының ең көп жұмыс кернеуі, кВ
		ЖКР-мен		ЖКР-сыз		
		Бастапқы орамдар	екінші орамдар	Бастапқы орамдар	екінші орамдар	
(3)	(3,15)	-	(3,15)	(3) және (3,15)	(3,15) және (3,3)	(3,6)
6	6,3	6 және 6,3	6,3 және 6,6	6 және 6,3	6,3 және 6,6	7,2
10	10,5	10 және 10,5	10,5 және 11,0	10 және 10,5	10,5 және 11,0	12
20	21,0	20		20		24
35	-					40,5

[3] МЕСТ 721-77 Электрмен жабдықтау жүйелері, желілері, көздері, электр энергиясын түрлендіргіштер және қабылдағыштар. 1000 В жоғары номиналды кернеу (№1, 2, 3 өзгерістерімен)

Желілер мен қабылдағы штардың кернеуі, кВ	Генераторлар мен синхронды компенсаторлардың кернеуі, кВ	Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың кернеуі, кВ				Электр жабдығының ең көп жұмыс кернеуі, кВ
		ЖКР-мен		ЖКР-сыз		
		Бастапқы орамдар	екінші орамдар	Бастапқы орамдар	екінші орамдар	
110	-	және 21,0	22,0	35		126
(150)	-	35	38,5	-	22,0	(172)
220	-	және 36,75	115	-	38,5	252
330	-	110	және 121	-	121	363
500	-	және 115	(158)	330	(165)	525
750	-	(158)	230	500	242	787
		220	және 242	750	347	
		және 230	330		525	
		330	-		787	
		500	-			
		750				

Ескерту. Жақшада көрсетілген мәндер жаңадан жобаланатын желілер үшін ұсынылмайды.

Цехішілік электр желілері үшін ең көп таралған кернеу 380/220 В, оның негізгі артықшылығы күштік және жарық беретін ЭЖ-мен бірге қоректену мүмкіндігі болып табылады.

10 кВ кернеудің барлық жерде енгізілуіне байланысты (6 кВ кернеудің орнына) 660 В кернеу енгізілді (МЕМСТ 21128-83).

Белгіленген қуатқа байланысты өнеркәсіптік кәсіпорындар *шағын* (1÷5 МВт), *орташа* (5÷75 МВт) және *үлкен* (75 МВт астам) қуатты кәсіпорындарға бөлінеді.

Шағын қуатты кәсіпорындарды қоректендіру үшін және кәсіпорын ішіндегі тарату желілерінде 6 және 10 кВ кернеулері қолданылады. 6 кВ-тық кернеуді кәсіпорын жүктемелер мен ТҚС өнеркәсіптік ЖЭО генераторларының шиналарынан қоректендіруді алған жағдайда, сондай-ақ

кәсіпорында 6 кВ номиналды кернеуге айтарлықтай ЭЖ саны болған кезде орынды болады.

20 кВ кернеуі ЭҚҚ-мен өнеркәсіптік кәсіпорынның жанында генераторлық кернеуі 20 кВ болатын ЖЭО болған немесе тұрғызылған жағдайларда ұсынылады. (Көп жағдайда 10 кВ кернеу едәуір қолайлы болып табылады). 20 кВ кернеуі 10 кВ кернеудегі электржабдығы құнының техникалық-экономикалық есептері бойынша құны 20%-дан аспайтын электржабдығы болған кезде экономикалық тиімді болуы мүмкін.

35 кВ кернеу, егер бұл кәсіпорындардың тарату желілері 6÷10 кВ кернеуге орындалса, орта қуатты кәсіпорындардың қоректендіру орталықтарын құру үшін, сондай-ақ осы кернеуге ірі қашықтағы (5÷20 км) электр қабылдағыштарды электрмен жабдықтау үшін қолданылады. Кейбір жағдайларда 35 кВ кернеу терең енгізу сұлбасы үшін қолданылады.

110 кВ кернеу орта кәсіпорындарда қоректендіруші ретінде және үлкен қуатты кәсіпорындарда терең енгізу сұлбасы бойынша тарату ретінде көп қолданылады.

220 кВ кернеу аудандық энергия жүйелерінен ірі энергия көп қажет ететін өнеркәсіптік кәсіпорындарды қоректендіру және электрмен жабдықтау сұлбасының бірінші сатысындағы электр энергиясын тарату үшін қолданылады. 220 кВ кернеу көбінесе терең енгізу сұлбалары үшін қолданылады.

Аса жоғары кернеу класы (330÷500 кВ) және ультра жоғары кернеу классы (750 кВ және одан жоғары), негізінен қуатты аса алыс қашықтыққа беру үшін, сондай-ақ жеке энергия жүйелерінің байланысы үшін қолданады [9].

Бақылау сұрақтары:

1. Электр қабылдағыш, тұтынушы, электрмен жабдықтау жүйесі дегеніміз не?
2. Электр қондырғылары кернеу шамасы, ток түрі және жиілігі, бейтарап режимі бойынша қалай бөлінеді?
3. Өнеркәсіптік кәсіпорындарды қуаты бойынша жіктеңіз.
4. Электр қабылдағыштарды сенімділік бойынша категорияға бөлу қажеттілігін түсіндіріңіз.

1.2 Қосалқы станция сұлбасын таңдау

1.2.1 Қосалқы станциялардың міндеті мен жіктемесі

Трансформаторлық қосалқы станциялар электр энергиясын - қабылдауға, түрлендіруге (ток пен кернеуге) және таратуға арналған.

Таратқыш қосалқы станциялар электр энергиясын түрлендірусіз қабылдауға және таратуға арналған.

Тұтынылатын қуатқа және электрмен жабдықтау жүйесінде қоректендіру көзінен қашықтығына байланысты қосалқы станциялардың келесі түрлері ажыратылады: *тораптық тарату; басты төмендету; терең енгізу; трансформаторлық пункт.*

Түйіндік тарату қосалқы станциясы деп (ТТҚС) электр энергиясын энергожүйеден алатын және оны кәсіпорын аумағында 35÷220 кВ терең енгізу қосалқы станциялары бойынша таратын (трансформациялаусыз немесе ішінара трансформацияланумен) 110÷220 кВ кернеудегі орталық қосалқы станцияны айтады

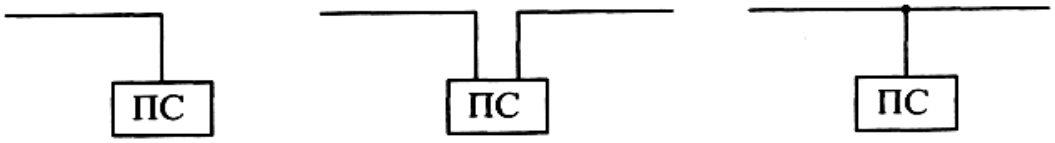
Басты төмендету қосалқы станциясы (БТҚС) деп тікелей аудандық энергожүйеден қорек алатын және барлық кәсіпорын бойынша төмен кернеу кезінде электр энергиясын бөлетін 35÷220 кВ кернеудегі қосалқы станцияны айтады.

Терең енгізілетін қосалқы станция (ТЕҚС) деп әдетте бастапқы кернеу жағында қарапайым коммутация сұлбалары бойынша орындалған, осы - кәсіпорынның энергожүйесінен немесе орталық тарату пунктінен тікелей қорек алатын және кәсіпорынның жеке объектісін немесе электр қондырғылары тобын қоректендіруге арналған 35÷220 кВ кернеуге арналған қосалқы станцияны айтады. ТЕҚС электрмен жабдықтау сұлбалары терең енгізу сұлбалары деп аталады.

Трансформаторлық пункт (ТП) деп кернеуі 400 және 230 В электр энергиясын қабылдағыштарды тікелей қоректендіретін бастапқы кернеуі 6, 10 немесе 35 кВ қосалқы станцияны айтады. Өнеркәсіптік электр желілерінде бұл қосалқы станциялар *цехтік* деп аталады.

Қосалқы станциялар қоректендіру желісіне қосу тәсіліне байланысты трансформаторлық қосалқы станциялар *тұйық, өтпелі, тармақталған* болып бөлінеді.

Егер желі тек бір ғана қосалқы станцияны қоректендірсе, онда қосалқы станция тұйық деп аталады (1.3-сурет, *а*). Тұйық қосалқы станцияларға радиалды сұлбалар бойынша қорек алатын қосалқы станциялар және бір жақты қоректенуі бар магистральдық сұлбадағы соңғы қосалқы станциялар жатады. Өтпелі қосалқы станция қосылады қоректенетін магистральді желі қиылыстарына қосылады, яғни қоректендіруші желінің кіруі және шығуы бар (1.3-сурет, б), егер қосалқы станция қоректендіргіш желісінен тармақталса, онда ол тармақталған деп аталады (1.3-сурет, в).



а) б) в)

а - тұйық; б - өтпелі; в - тармақталған

1.3-сурет - Қосалқы станцияларды қоректендіретін желіге қосу сұлбасы

Трансформаторлық қосалқы станциялар *жиынтықты* немесе *құрама* болуы мүмкін.

Толық жиынтықты тораптардан тұратын қосалқы станциялар - *жиынтықты трансформаторлық қосалқы станциялар* (ЖТҚС) деп аталады. Жинақтықты қосалқы станциялар зауыттарда дайындалады және жабдықты бөлшектемей тораптар мен блоктармен орнату орнына тасымалданады. Монтаждау орнында тораптар мен блоктарды орнату және олардың арасында және электрмен жабдықтау желілеріне қосу жүргізіледі. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда ішкі (ЖТҚС) және сыртқы (СЖТҚС) қондырғылар үшін жиынтықты трансформаторлық қосалқы станциялар кеңінен қолданылады.

Әрбір трансформаторлық қосалқы станцияда үш негізгі блок бар: *жоғары кернеулі тарату құрылғысы, трансформатор, төмен кернеулі тарату құрылғысы.*

Қосалқы станциялардың жоғары кернеулі тарату құрылғысы (ЖКТҚ) көбінесе электр жеткізу желісінен трансформаторға электр энергиясын қабылдау қызметін атқарады. Жекелеген жағдайларда ЖКТҚ электр энергиясын қабылдау және тарату қызметтерін орындай алады.

Төмен кернеулі тарату құрылғысы (ТКТҚ) электр энергиясын қабылдау және тарату функциясын атқарады.

Тарату құрылғылары ашық *(АТҚ)*, *жабық* (ЖаТҚ), *жиынтықты* (ЖТҚ), *жинақты* болуы мүмкін.

Ашық тарату құрылғысы (АТҚ) - ашық ауада электр жабдығын орнататын құрылғы, *жабық тарату құрылғысы* (ЖаТҚ) – электр жабдықтарын ғимараттарда орналастыратын құрылғы.

Жиынтықты тарату құрылғысы (ЖТҚ) – толық немесе ішінара жабық шкафтардан немесе оларға кіріктірілген аппараттармен, қорғау және автоматика құрылғыларымен, өлшеу аспаптарымен және қосалқы құрылғылармен жабдықталған, жинақталған немесе толық құрастыру үшін дайындалған және ішкі құрылғыға арналған блоктардан тұратын тарату құрылғысы.

Сыртқа орнатылатын жиынтық тарату құрылғысы (СЖТҚ) – бұл сыртқа (ашық) орнатуға арналған ЖТҚ.

ЖТҚС және СЖТҚ жинақталған немесе толық дайындалған түрінде жеткізілетін ЖТҚ немесе СЖТҚ блоктарымен жиынтықталады.

Камера (ұяшық) - аппараттар мен шиналарды орнатуға арналған орынжай. Жабық камераның барлық жағынан жабық және тұтас (торлы емес) есіктері болады. Қоршалған камерада толық немесе ішінара тұтас емес (торлы немесе аралас) қоршаулармен қорғалған ойықтар болады [12].

1.2.2 Кернеуі 35÷220/6 (10) кВ трансформаторлық қосалқы станциялар

Ірі өнеркәсіптік кәсіпорындарды қоректендіретін басты төмендету қосалқы стансалары 35÷220 және 6(10) кВ кернеуге арналған тарату құрылғыларын, 35÷220/6(10) кВ кернеуге арналған бас трансформаторларды, 6(10)/0,4 кВ кернеуге өзіндік мұқтаж трансформаторларды, 6(10) кВ

кернеудегі конденсаторлық батареяларды, электрмен жабдықтауды басқару қалқандарын, шеберханаларды және т. б. қамтиды.

БТҚС-да 35÷220/6(10) кВ бір немесе екі бірдей трансформатор орнатылады. Екі трансформаторлық қосалқы станциялар I және II категориядағы тұтынушыларды сенімді қоректендіру үшін салынады, өйткені қазіргі заманғы кәсіпорындарда екінші санаттағы жүктемелер басым және бірінші санаттағы жүктемелер бар, және оларды қоректендіру үшін екі тәуелсіз көз болуы қажет. Электрмен жабдықтаудың үздіксіздігін қамтамасыз ету үшін трансформаторлар параллельді жұмысқа қосылады.

Екі трансформатордан артық қондырғы тиімсіз және негізінен кәсіпорынның кеңеюі кезінде қолданылады.

Егер көрші қосалқы станциялардан немесе ЖЭО-дан кернеуі 6(10) кВ желі бойынша I және II санатты жүктемелердің резервтік қоректенуін қамтамасыз ету мүмкіндігі болған жағдайда бір трансформаторлық БТҚС-ны қолдануға болады.

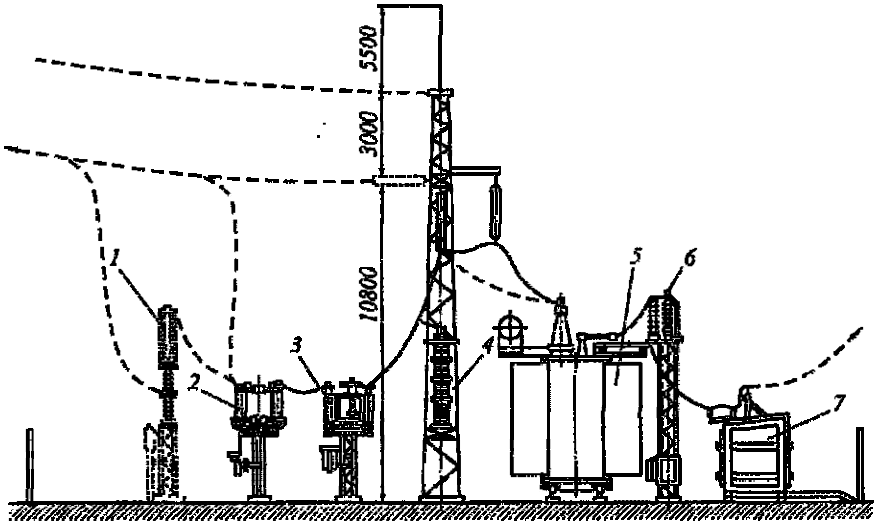
Өнеркәсіптік кәсіпорындарда екі орамды трансформаторлар көп қолданылады. 110÷220/35/6(10) кВ үш орамды трансформаторлар осы кәсіпорынға немесе ауданға жататын кернеуі 35 кВ орташа қуатты алыстатылған тұтынушылар болған кезде БТҚС салыстырмалы түрде сирек қолданылады [9].

1.2.3 Кернеуі 5÷220/6 (10) кВ жиынтық трансформаторлық қосалқы станциялар

Қазіргі уақытта өнеркәсіптік кәсіпорындарда жиынтықты трансформаторлық қосалқы станциялар кеңінен таралған.

БТҚС және ТЕҚС үшін жиынтық трансформаторлық қосалқы станциялар 35÷220/6(10)кВ кернеуге арналған 4÷40 МВА трансформаторларымен орындалады.

110/6...10кВ кернеудегі жиынтықты трансформаторлық қосалқы станция (1.4-сурет) 110 кВ кернеудегі АТҚ-тан, *5* күштік трансформатордан және 6÷10 кВ кернеудегі сыртқа орнатылатын *7* СЖТҚ-тан тұрады.



1.4 -сурет - Кернеуі 110 кВ АТҚ бар кернеуі 110/6÷10 кВ сыртқа орнатылатын жиынтықты трансформаторлық қосалқы станция

Бір трансформаторлық қосалқы станцияның кернеуі 110 кВ АТҚ *2* желілік ажыратқыштан *2*, бөлгіш түйннен және *3* қысқа тұйықтағыштан, *6* жерге тұйықтағыш айырғыштан, *4* желілік порталдан, *1* жоғары жиілікті байланыс орнатуға арналған металл құрылымынан тұрады.

2 желілік айырғыштың торабы порталды типтегі металл конструкциясын білдіреді, онда РЛНД-2-110/600 типті айырғыш полюстері орнатылған. Полюстер өзара тартқыштармен қосылады. ПРН жетегімен айырғыш біліктер арқылы қосылған. ПРН жетегі траверстегі ажыратқыштың орталық полюсінің астында орнатылады және ажыратқыштың басты пышақтары қосылған кезде жерге тұйықтау пышақтарын қосуға жол бермейтін ішкі бұғаттаумен жабдықталады.

Бөлгіш пен қысқа тұйықтағыштың түйіні *3* -үшжақты металл конструкциясы, онда ОД-110 бөлгіштің және КЗ-110 қысқа тұйықтағыштың үш полюсі орнатылған. Бөлгіш тіреулердің біріне орнатылатын ШПО жетегімен басқарылады. Қысқа тұйықтағыш металл құрылымдарынан төрт оқшаулағышпен оқшауланады.

Қысқа тұйықтағышты жерге қосу шина арқылы жүргізіледі, ол ТШЛ-0,5 өтпелі типті ток трансформаторы арқылы өтеді.

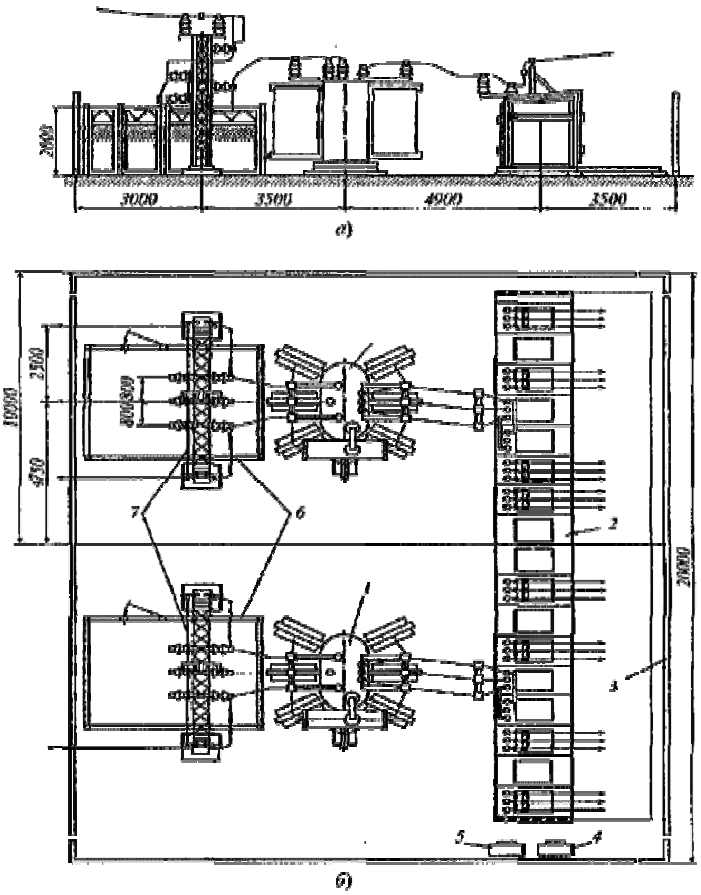
6 жерге тұйықтау айырғышының түйіні - аймақтардың жерге тұйықтау ажыратқышы орнатылған бір жақты металл конструкциясы. Күштік трансформатордың биіктігіне байланысты зауыт биіктігі 3 және 5 м жерге тұйықтау айырғышын жеткізеді. Жерге тұйықтау ажыратқыштың металл құрылымына басқару тізбегінің қысқыштары бар жәшік орнатылады. *4* сызықтық портал - екі траверсі бар біржақты порталды құрылым. Портал желіні қабылдау үшін қызмет етеді, портал тіреулеріне найзағайдан қорғау тростар қосылады, портал тіреулерінің бірінде найзағайдан қорғау тростар жасалады. Жоғарғы траверс оқшаулағыш тізбектерін ілу үшін қызмет етеді. Төменгі траверсте РВС-110 разрядты тіркеушісі бар разрядтағыштар орнатылады.

1 жоғары жиілікті байланыс торабы бөгегішті және байланыс конденсаторын бірлесіп орнатуға есептелген. Кернеуі 6(10) кВ СЖТҚ *7* – күштік және қосалқы тізбектердің аппаратуралары орнатылған өзара қосылған шкафтардан тұратын металл конструкция.

Кернеуі 6(10) кВ шықпаларға жақын күш трансформаторында кернеуі 6(10) кВ РВП вентильді ажыратқыштар орнатылады. Реле қорғанысы мен автоматиканың жедел тізбектері мен құрылғыларының қоректену көзі өзіндік мұқтаж трансформаторы болып табылады.

35/6(10) кВ кернеулі жиынтықты трансформаторлық қосалқы станциялар шағын өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау үшін қолданылады. ЖТҚС (1.5-сурет) кернеуі 35 кВ АТҚ, күш трансформаторы

және кернеуі 6 (10) кВ СЖТҚ-тан, жерге қосу контурымен біріктірілген қосалқы станцияның металл қоршауынан тұрады.

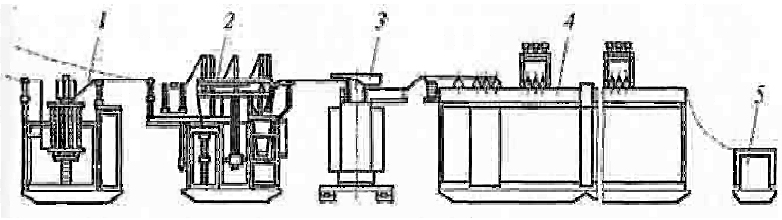


а - алдыңғы түрі; б-жоспар: 1 - трансформатор; 2 - кернеуі 6(10) кВ СЖТҚ; 3 - сыртқы қоршау; 4 - өртке қарсы жабдық шкафы; 5 – инвентарлық шкаф; б - сақтандырғыштардың ішкі қоршауы; 7-кернеуі 35 кВ АТҚ

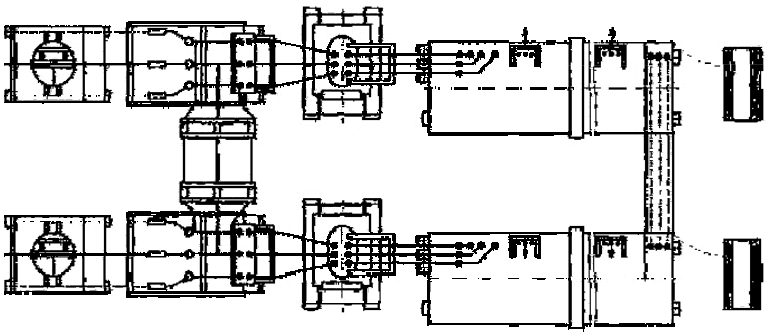
2.6-сурет – Трансформаторлық қуаты 3200 кВА трансформаторлы 2ктп-35/6(10) кВ типті кернеуі 35 кВ жиынтық трансформаторлық қосалқы станция.

ЖТҚС-35/6(10) кВ типті трансформаторлық қосалқы станциялар бір немесе екі трансформатормен орындалады. ЖК жағында орнатылған аппарат типі бойынша бағыттаушы сақтандырғыштары бар, қысқа тұйықтағыш және бөлгіштері бар, майлы ажыратқыштары бар қосалқы станцияларды ажыратады.

Қуаты 2×4000 кВ·А кернеуі 35/6 кВ жылжымалы ЖТҚС блокты атқарымда шығарылады (1.6-сурет).



а)



б)

1 - жоғары жиілікті телефония блогы; *2* — 35 кВ кернеуді енгізу блогы; *3* - күштік трансформатор блогы; *4* - кернеуі 6 (10) кВ ТҚ блогы; 5-статикалық конденсаторлар батареяларының блогы

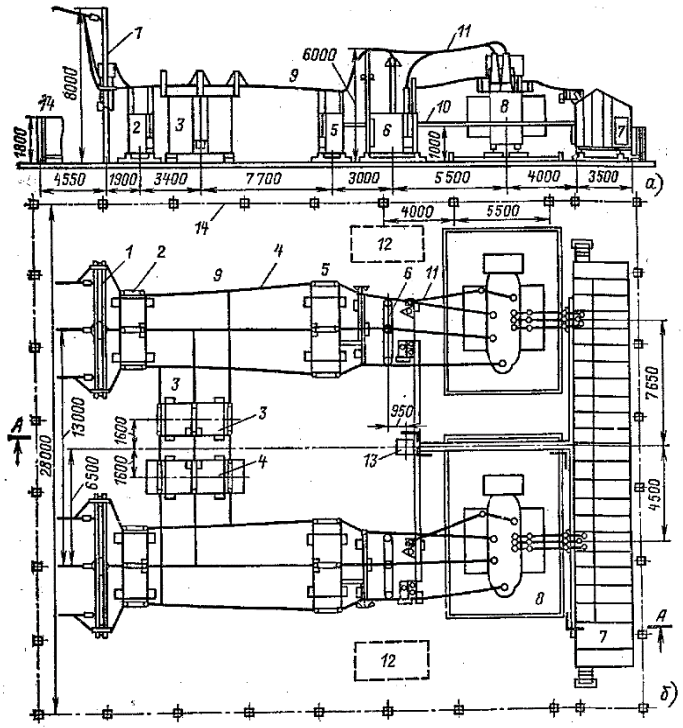
1.6-сурет - Блокты атқарымдағы кернеуі 35 / кВ жылжымалы қосалқы станцияның жалпы түрі (а) және жоспары (б)

Құрылымы, порталдар құрылысынан істен шыққанда қатты шиналауды қолдануға негізделген 110/6(10) кВ кернеуге *сыртқа орнатуға арналған БЖҚС блокты типті жиынтықты бірыңғайланған қосалқы станция* 1.7-суретте берілген.

Екі трансформаторлық қосалқы станция кернеуі 6÷10 кВ секциялық шкафпен жинақталатын екі жиынтықты бір трансформаторлық қосалқы станциялардың үйлесімін білдіреді. 35 кВ жағынан енгізу бір трансформаторлық қосалқы станция үшін орындалған, бірақ желілік сақтандырғыштары, ажыратқыштары және айырғыштары бар екі порталды қамтиды.

Егер қосалқы станция жоғары ластану аймағында салынса, онда аппаратураның ең аз ықтимал саны бар қарапайым коммутация сұлбасын және сыртқы қондырғыны оқшаулауды қолдану керек. Бұл жағдайда трансформатордың бағына тікелей кабель енгізулері бар трансформаторларды пайдаланған тиімді. Сонда ашық оқшаулаудың мүлдем қажеті болмайды. Бұл ретте қорғаныс ажыратқыш импульсті желінің бас ажыратқышына берумен жүзеге асырылуы тиіс. Кейбір жағдайларда кернеуі 35 (110) кВ жабық тарату құрылғыларын (ЖаТҚ) салу тиімді.

110 кВ және одан жоғары кернеу кезінде қалыпты қоршаған орта жағдайында ашық қосалқы станциялар қолданылады, ал 35 кВ кернеу кезінде – ашық және жабық. Жоғары ластану жағдайында, сондай-ақ шеткі солтүстікте енгізу оқшауламасы күшейтілген кезде трансформаторларды ашық орната отырып, кернеуі 35÷220 кВ ЖаТҚ қолдану ұсынылады.



а - қима; *б* – жоспар; 1 - байланыс конденсаторы және жоғары жиілікті бөгегіш; 2 – желілік ажыратқыш; 3 – бөгеттегі айырғыштар; 4 – бөгеттегі бөлгіш; 5 – бөлгіш; 6 – қысқа тұйықтағыш; 7 – СЖТҚ 6-10 кВ; 8 – күштік трансформатор; 9 – шиналар; 10 – кабельдік лотоктар; 11 – иілгіш сымдар; 12 – жайтартқышқа арналған орын; 13 – мүкәммалдық шкаф; 14 – қоршаулар; 15 - сыртқы қоршаулар; 16-сыртқы қоршаулар.

1.7-сурте - Кернеуі 110/6(10) кВ БЖҚС бірыңғайланған қосалқы станциясы

Ластану жағдайында кернеуі 35÷220 кВ ашық тарату құрылғылары (АТҚ) күшейтілген оқшаулаумен жасалады. Кернеуі 35 кВ АТҚ-ға ластанған ортада 110 кВ кернеуге оқшаулағыштар, ал кернеуі 110 кВ АТҚ-ға 150÷220 кВ кернеуге оқшаулағыштар қойылады. Ластану аймақтарында кернеуі 6 (10) кВ сыртқы қондырғының (СЖТҚ) жиынтық тарату құрылғыларын қолдануға болмайды, себебі олар оқшаулауды газдармен, аэрозольдармен, шаңмен ластанудан жеткілікті қорғауды қамтамасыз етпейді.

35÷220 кВ кернеулі АТҚ барлық электр жабдықтары сыртқы қондырғы үшін таңдалады және қызмет көрсету қауіпсіздігі шарттары бойынша жер деңгейінен 2,5 м биіктікте монтаждалады. Жоғарыда АТҚ құрама шиналары орналасады. Үшінші қабат жинақталған шиналардың және шығатын желілердің сымдарының үстіндегі өткелдерді құрайды. Сондықтан АТҚ-да порталды салу үшін өте жоғары болат тіректер, найзағайдан бұрғыштар және жасанды жерге тұйықтау құрылғысын жасау үшін металл құрылымдар қажет.

Кернеуі 35(110) кВ типті БЖҚС АТҚ үлгідегі СЖТҚ типті блокты станцияларды қолданған жағдайда аумақ пен материалдарды да едәуір үнемдеуге болады.

ЖК жағындағы ажыратқыштарсыз және қуаты 2×25 және 2×40 МВ · А трансформаторларының жабық қондырғысы бар жабық қосалқы станциялар жасалды. Мұндай қосалқы станцияларда камераларды желдету, шуды басу қарастырылған [9].

1.2.4 БТҚС қосалқы станциялардың электрлік қосылыстарының сұлбалары

Қосалқы станциялардың сұлбалары электрмен жабдықтаудың жалпы сұлбасын ескере отырып таңдалады, яғни желілер сұлбасының түрі (радиалды немесе магистральдық) электрмен жабдықтаудың жалпы жүйесіне кіретін қосалқы станциялардың сұлбаларының түріне айтарлықтай әсер етеді. I және II санаттағы БТҚС тұтынушыларын сенімді қоректендіру үшін, әдетте, екі трансформатормен салынады.

Екі трансформаторлық БТҚС қуат беру кезінде энергия жүйесінен үш негізгі нұсқаны ажыратады:

- екі радиалды желімен қоректендіру;
- екі магистралды желімен қоректендіру;
- БТҚС жоғары кернеулі ТҚ-ның энергожүйенің неғұрлым күрделі желілік торабымен, мысалы, бірнеше жоғары кернеудегі шығатын желілермен біріктірілуі.

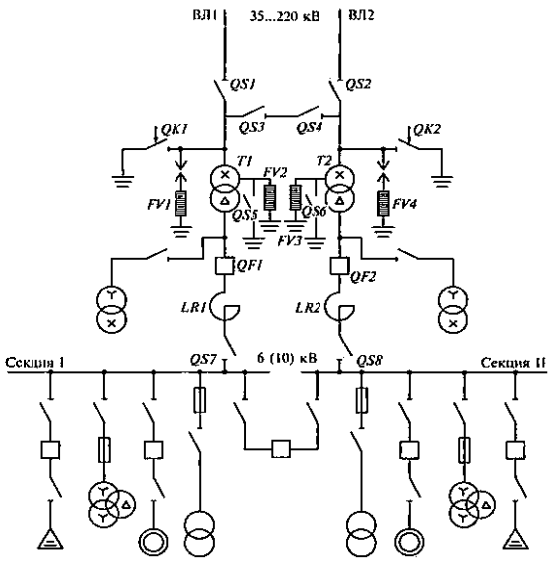
БТҚС-да электр берілісінің әртүрлі желілерінен қоректенетін екі трансформаторды орнату кезінде қосалқы станциялардың электрлік қосылыстарының сенімді және жоғары экономикалық оңайлатылған блоктық сұлбаларын қолдануға болады: «35÷220 кВ желі - БТҚС трансформаторы «және» 35÷220 кВ желі - БТҚС трансформаторы 6(10) кВ ток құбыры».

Бұл сұлбалар бастапқы кернеу жағында 35÷220 кВ жиналмалы шиналар мен ажыратқыштарсыз жобаланады, ал екінші кернеу жағында 6 (10) кВ шиналардың бір секциялы жүйесі немесе әрбір трансформатордан ток өткізгіштері болады.

1.8-суретте электр энергиясын электр жүйеден ӘЖ1 және ӘЖ2 екі радиалды желілері бойынша алатын орташа қуатты кәсіпорын үшін кернеуі 35÷220/6 (10) кВ БТҚС сұлбасы келтірілген.

T1, *T2* трансформаторлары тек қана *QS1, QS2* СЕЖКА айырғыштары арқылы жалғанады (желілік түйіспесі бар ажыратқыш, сыртқы қондырғы, екі бағанды), себебі радиалды сұлба кезінде бөлгіштердің қажеттілігі жоқ. Кернеуі 35÷220 кВ тізбектер арасындағы бөгет әрбір трансформаторды тек өз желісінен ғана емес, басқа желіден қоректендіруге мүмкіндік береді.

Жөндеу шарттары бойынша бөгетке екі ажыратқыш (*QS3, QS4)* тізбектей қосылады. Бөгеті бар сұлбаны БТҚС жұмыс шарттары бойынша бір желіден екі трансформаторды қоректендіруге қажеттілік туындаған жағдайларда, мысалы, трансформаторларды 70% - дан жоғары жүктеу кезінде, олардың біреуін ажыратқан кезде екіншісінің жүктемесі 140%-тан асқанда қолдану керек.



1.8-сурет - 6(10) кВ кернеу жағында шиналардың секциялық жүйесі бар кернеуі 35÷220/6(10) кВ БТҚС сұлбасы

Трансформаторларға кірмелерде қысқа тұйықтағыштар орнатылады (*QK1*, Q*K2):*

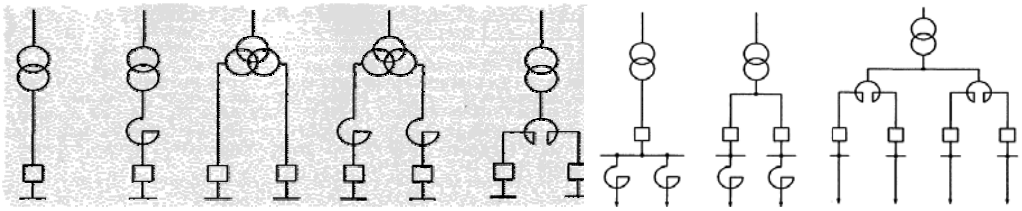
- тұйықталған бейтарабы бар желілерде - бір фазада, оқшауланған бейтарабы бар желілерде – екі фазада. Қысқа тұйықтағыш БТҚС трансформаторындағы ішкі зақымданулар нәтижесінде релелік қорғаныс іске қосылғанда автоматты түрде қосылады, оларға энергожүйенің ӘЖ1 және ӘЖ2 желілерінің бас ажыратқыштарының көмегімен қорғаныс сезімтал емес. Қысқа тұйықтағышты қосу кезінде трансформатордың жоғары кернеуінің (ӘЖ) кірісінде жасанды қысқа тұйықталу құрылады. Мұндай қысқа тұйықталуға жүйедегі желінің релелік қорғаныс жауап береді және тиісті желіні ажыратады.

БТҚС екі орамды трансформаторларында Y/Δ-11 немесе $У_0$/Δ-11 орамдарын қосу сұлбасы болады. 110÷220 кВ жерге нейтралдарын қосу ЗОН типті *QS5*, *QS6* бір полюсті ажыратқыштар арқылы жүзеге асырылады. QS5 және QS6 үнемі қоса бермейді. Жерге қосылған нейтралдардың саны жерге бір және екі фазалы қысқа тұйықталу тогы белгіленген шектерден аспайтындай етіп реттейді. Жерге тұйықталған бейтарап жұмыс кезінде асқын кернеу пайда болған кезде трансформаторлардың оқшауламасын тесіктен қорғау үшін бейтараптандырғыштарда *FV2, FV3* ажыратқыштары көзделген. Сонымен қатар, ажыратқыштарды барлық үш фазада ВН трансформаторларын енгізуде желілер бойынша асқын кернеулерден қорғау үшін орнатады (*FV1, FV4* сұлбасында).

БТҚС трансформаторлары 6(10) кВ екіншілік кернеудің құрама шиналарына *QF1* және *QF2* май ажыратқыштары және *QS7* және *QS8* ажыратқыштары арқылы қосылады. Егер 6(10) кВ кернеумен кәсіпорын желісінде қысқа тұйықталу тогын шектеу талап етілсе, онда ажыратқыштар мен қосқыш арасында үш фазалы *LR1, LR2* бетон реакторлары қосылады.

Кірмелерге 6(10) кВ БТҚС кернеуіндегі жиналмалы шиналардың жай-күйіне қарамастан, меншікті шығын қабылдағыштарын, оның ішінде майлы ажыратқыштардың жетектерін қоректендіруді қамтамасыз ету үшін қосалқы станциялардың өзіндік мұқтаждық трансформаторлары қосылады.

1.9 суретте БТҚС трансформаторларының кірмелерін 6 (10) кВ кернеумен тарату құрылғысының құрастыру шиналарына қосу сұлбасы көрсетілген. (*А*) сұлбасын қуаты 25 МВ·А дейінгі трансформаторларды орнату кезінде қолданады. Трансформаторлардың қуаты көп болғанда, әдетте қысқа тұйықталу токтарын шектеу шаралары талап етіледі. Трансформатордың қуаты 40 МВ·А кезінде (*б*) және (*в*) сұлбалар қолданылады, 63 МВ·А қуатында (*г*) және (*д) сұлбалары ұсынылады.* Егер трансформатордың қуаты 80 МВ-А жетсе, онда *е, ж, з* сұлбаларын қолданады.



а) б) в) г) д) е) ж) з)

а - трансформаторлардың қуаты 25 МВ·А; *б, в* - 40 МВ·А; *г, д* - 63 МВ·а; *е, ж, з* - 80 МВ·А;

1.9-сурет - кернеуі 35÷220 кВ кернеуі 6(10) кВ трансформаторлардың енгізу сұлбалары

БТҚС тарату құрылғыларының кернеуі 6(10) кВ құрама шиналары ажыратқышпен секцияланады. Осыған байланысты құрама шиналардың зақымдануы немесе жөндеуі кезінде тек бір секция ажыратылады және барлық негізгі электр қабылдағыштар басқа секциядан қорек алады. Бір секцияда кернеудің кенеттен жоғалуы кезінде, мысалы, қоректендіруші желіні ажыратқан кезде, РАҚ құрылғыларының көмегімен секциялық ажыратқыш қосылады, секцияның қоректенуін қамтамасыз етеді.

Секциялық ажыратқышты ажыратқыштың бір секциясының жүктемесі бойынша таңдаймыз, ал трансформатордың іске қосылу ажыратқышын – БТҚС апаттан кейінгі режимдегі екі секцияның жүктемесі бойынша таңдаймыз. Қысқа тұйықталу токтарын шектеу үшін секциялық ажыратқыш қалыпты ажыратылады.

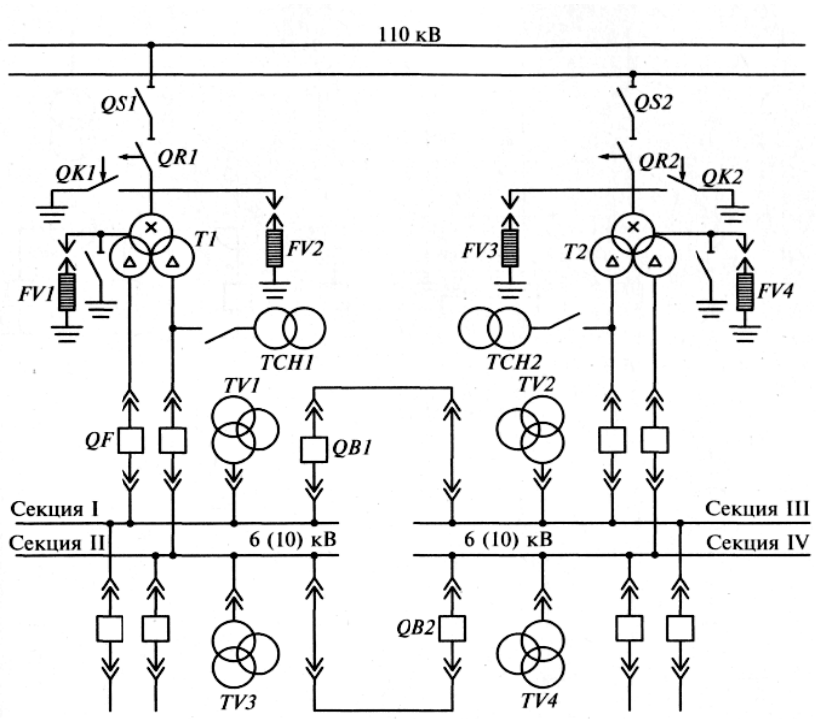
1.10-суретте екі магистралды желілерден электр энергиясын алатын орта қуатты кәсіпорынның БТҚС сұлбасы келтірілген.

Бұл жағдайда магистральдан БТҚС зақымдалған трансформаторын ажырату үшін *QR1, QR2* бөлгіштері қажет. Ажыратқыштың ажыратылуы қысқа тұйықтағышты (*QK1*, *0K2)* қосқаннан кейін магистралдің бас ажыратқышының ажыратылу сәті мен АҚҚ құрылғыларының әрекетімен

желінің бас ажыратқышын қайта қосу сәті арасындағы тоқтаусыз үзіліс кезінде автоматты түрде жүзеге асырылады.

TCH1, TCH2 - меншікті мұқтаждық трансформаторлары; *TV1 - TV4* - кернеу трансформаторлары

Қуаты 25 МВ·А және одан жоғары трансформаторларда ыдыратылған қайталама орама болады. Ораманы тарқату кәсіпорынның электр желісіндегі қысқа тұйықталу токтарын шектеудің тиімді тәсілі болып табылады. Осы мақсат үшін трансформатор шықпаларының тізбегіне қосылатын кәдімгі және қосарланған реакторлармен топтық реакторлау қолданылады. Әрбір қалдық желінің бұрын қолданылған жеке реактивтілігі жабдықты жинақтау және үнемдеу тұрғысынан ұсынылмайды.



1.10 сурет - Кернеуі 35÷220/6(10) кВ, кернеуі 6(10) кВ жиналмалы шиналардың төрт секциялы кернеулігі бар БТҚС сұлбасы

Сұлбада екі трансформатордың әрбір екінші орамасы кернеуі 6(10) кВ шиналардың жеке секциясына қосылған. Құрама шиналардың барлық төрт секциясы жеке жұмыс істейді, бірақ бір трансформатор істен шыққан кезде барлық жүктеме РАҚ құрылғыларының әсерінен *QB1* және *QB2* секциялық ажыратқыштары қосылып автоматты түрде басқаға ауыстырылады. Бұл қосалқы станцияның тарату құрылғысында кернеуі 6(10) кВ ВМП типті *QF* майлы ажыратқыштары бар ЖТҚ ұяшықтары орнатылған. Ажыратқыштардың тығылатын түйіспелері болады, сондықтан ажыратқыштардың қажеті жоқ. Конденсаторлық батареялар, кернеудің өлшеуіш трансформаторлары шиналардың

әрбір секциясында қарастырылады, өйткені олардың режимі өздігінен реттеледі және секциялардың кернеуінде айтарлық өзгешелік болуы мүмкін.

Егер бір секциядан берілетін қуат 25 МВ·А және одан да көп болса, ал тұтынушылар бір трассада орналасқан болса, онда ток өткізгіштері бар магистралды қорек сұлбасын қолданған тиімді. Кернеуі 6(10) кВ шиналы және иілгіш ток өткізгіштер бір уақытта құрама шиналардың және тарату желілерінің рөлін атқарады [12].

1.3 Электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтарының құрылымдық ерекшеліктері

Төмендеткіш қосалқы станцияларда кернеуі 6(10) кВ тарату құрылғылары жабық (ЖаТҚ) және ашық (АТҚ) орнатылады.

6(10) кВ кернеу кезінде электр аппараттарының габариттік өлшемдері ғимараттың көлемі мен құны үлкен емес. Бұл жағдайда аппараттар ауа райы мен шаңнан қорғалған, ал қызмет көрсету ыңғайлы болатын ішкі тарату құрылғылары орынды. ТҚ үшін, әдетте, өлшемдері электр сұлбасына және жабдықтың габариттеріне сәйкес таңдап алынатын ерекше ғимараттар тұрғызылады. Белгілі бір жағдайларда ТҚ өндірістік үй-жайлардың бөліктерінде орналасуы мүмкін.

ТҚ ғимараттары көлемі стандартталған дайын типтік темір-бетон элементтерден құралған. Сондықтан ғимараттың ұзындығы 6 м еселік, ені - 3 м, биіктігі - 0,6 м болуы тиіс.

Кернеуі 6(10) кВ ЖаТҚ үй-жайлары терезесіз, электр жарықтандырумен салынады. Ішкі ТҚ-да табиғи жарықтандыруды қолданбаған жөн, себебі бұл терезелер құрылғысы ғимараттың құрымын қиындатады, олар мерзімді тазартуды талап етеді, олардан шаң және т.б еніп кетуі мүмкін. ТҚ ғимараттары жылытылмайды, бірақ желдетуді қажет етеді, себебі аппараттар мен өткізгіштер айтарлықтай жылу бөледі. Алайда қажет болған жағдайда жылыту көзделеді. Әдетте ЖаТҚ-да табиғи желдету қолданылады, бірақ ток шектейтін реакторлары мен күш трансформаторлары бар камераларда желдеткіштерді орнатуға болады.

6(10) кВ кернеулі тарату құрылғысы электр энергиясын тікелей трансформаторлардан немесе қосалқы станцияның шиналарынан 6(10) кВ кернеулі желілерден алады. Шина секцияларының санын таңдау, кететін желілер ұяшықтарының санына және ТҚ-ның жеке секцияларына қосылу талап етілетін күрт өзгеретін жүктемелердің болуына байланысты болады.

Әрбір құрама шинадан шығатын ТҚ желі ұяшықтар арқылы шиналарға қосылады. Жабық ТҚ ішкі қондырғының ұяшықтарымен (КРУ, КСО), ашық – сыртқы қондырғының ұяшықтарымен (КРУ) құрайды.

Қызмет көрсетудің ыңғайлылығы мен қауіпсіздігі талаптарын басшылыққа ала отырып, жалғау аппараттарын қызмет көрсету дәліздерінің бойында орналасқан қоршалған камераларға орналастырады. *Қоршалған камера* деп қызмет көрсету дәлізі жағынан басқа, барлық жағынан қабырғалармен және жабындылармен қоршалған камераны айтады. Осы жағынан кернеу алынған кезде камераға көріну үшін есіктері бар 1,9 м-ден кем емес тор қоршауы ғана көзделеді.

Мұндай орналастыру кезінде аппараттардың жақсы көрінуі, ыңғайлы және қауіпсіз жөндеу, сондай-ақ зақымдануларды оқшаулау, яғни олардың таралу аймағын шектеуді қамтамасыз етіледі.

Жабық камера деп барлық жағынан қабырғалармен және жабындылармен шектелген, қызмет көрсету дәлізінен немесе сыртынан тұтас есіктер арқылы кіру мүмкіндігі бар камераны айтады. Камераның өлшемдері электр аппараттарының габариттік өлшемдерімен, жөндеу кезінде оларға қол жеткізу шарттарымен, сондай-ақ номиналдық кернеулердің әрбір класы үшін ең аз рұқсат етілген оқшаулағыш арақашықтықтармен анықталады.

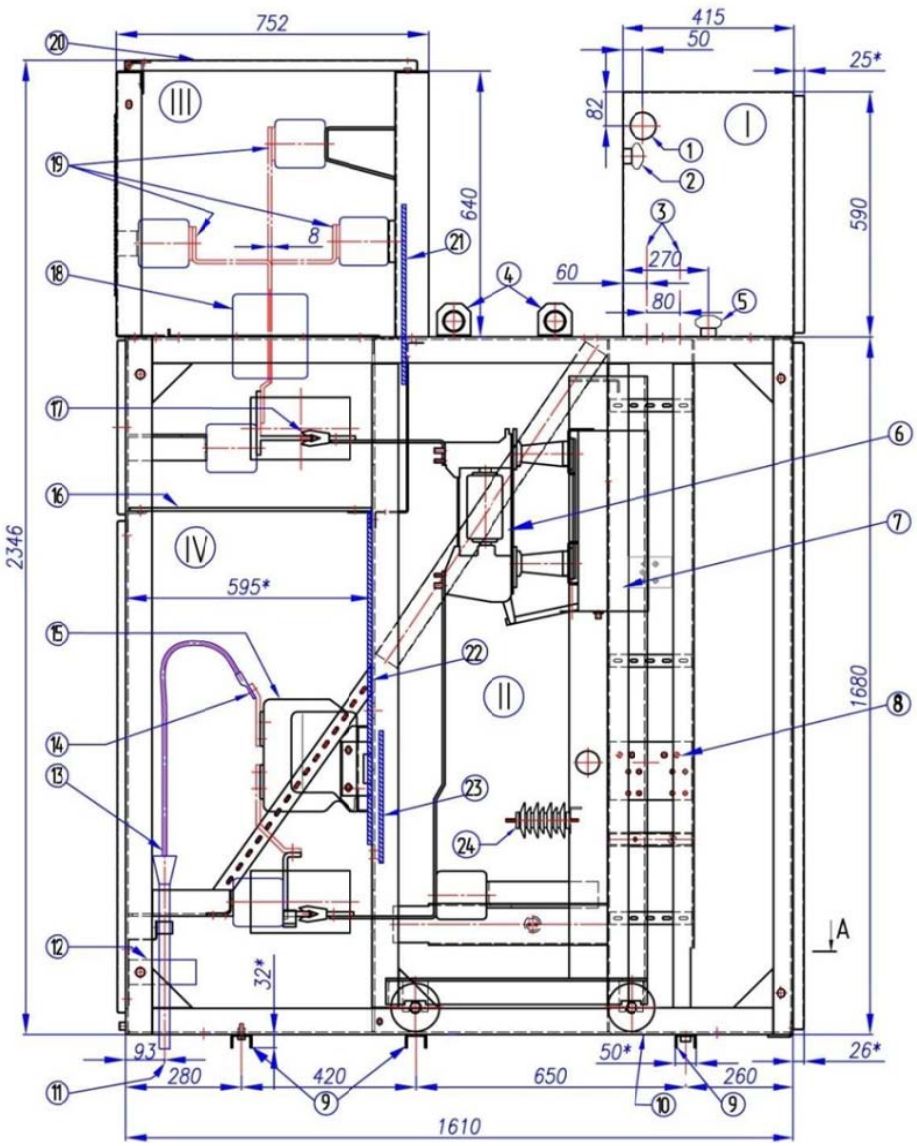
Қосылулар санына байланысты камералар бір, екі және одан да көп санына олардың арасында қызмет көрсетуге арналған дәліздері бар қатарларды орналастырады. Кернеуі 6(10) кВ ТҚ-да құрама шиналардың бір жүйесі және шағын габаритті аппараттары бар бір камераға бір қосылудың барлық аппараттары орналастырылуы мүмкін. Құрама шиналардың екі жүйесі және үлкен габаритті аппараттары бар құрылғыларда бір жалғау аппараттарын орналастыру үшін бір немесе екі қабатта орналасқан екі немесе үш камера қажет.

ЖТҚ және БКҚ ұяшықтары шкафтарының құрылымы әртүрлі. Тек ЖТҚ-ның тарату ұяшықтары арналуына, аппараттардың түріне, енгізу түріне, энергия беру тәсіліне (кабель, шиналар, ӘЖ) байланысты 50-ден астам түрден тұрады. БКҚ ұяшықтарының бірнеше ондаған модификациялары бар. Шкафтар ішінде бөліктерге тұтас болат қалқалармен бөлінеді. Шина жөндеудің үлкен қауіпсіздігі үшін бір бөлікте, ажыратқышты – екіншісінде, ажыратқышты, ток трансформаторын және кабельдік шықпаны - үшінші бөлікте, өлшеу аппараттары мен реледе – төртінші бөлікте орналастырады. Ажыратқыштары бар ЖТҚ ұяшығы жөндеуге қолайлы.

1.11-суретте ЖТҚ-2-10 сериялы шкаф (камера) көрсетілген, ал 1.12 - суретте БКҚ2-10 типті, олар «Siemens» жоғары вольтты вакуумды ажыратқыштармен және ВНА-КЕМ/kz жүктемесінің ажыратқыштарымен жиынтықталады. «КЭМОНТ»АҚ камераларды жасайды.

Ішке орнатылатын жиынтық ТҚ үшін КМУ-1, КМ-1ФК, к-104-КФ, КРУ2-10, КСО2-10, КСО2-292, К-3М сериялы шкафтар жиі қолданылады.

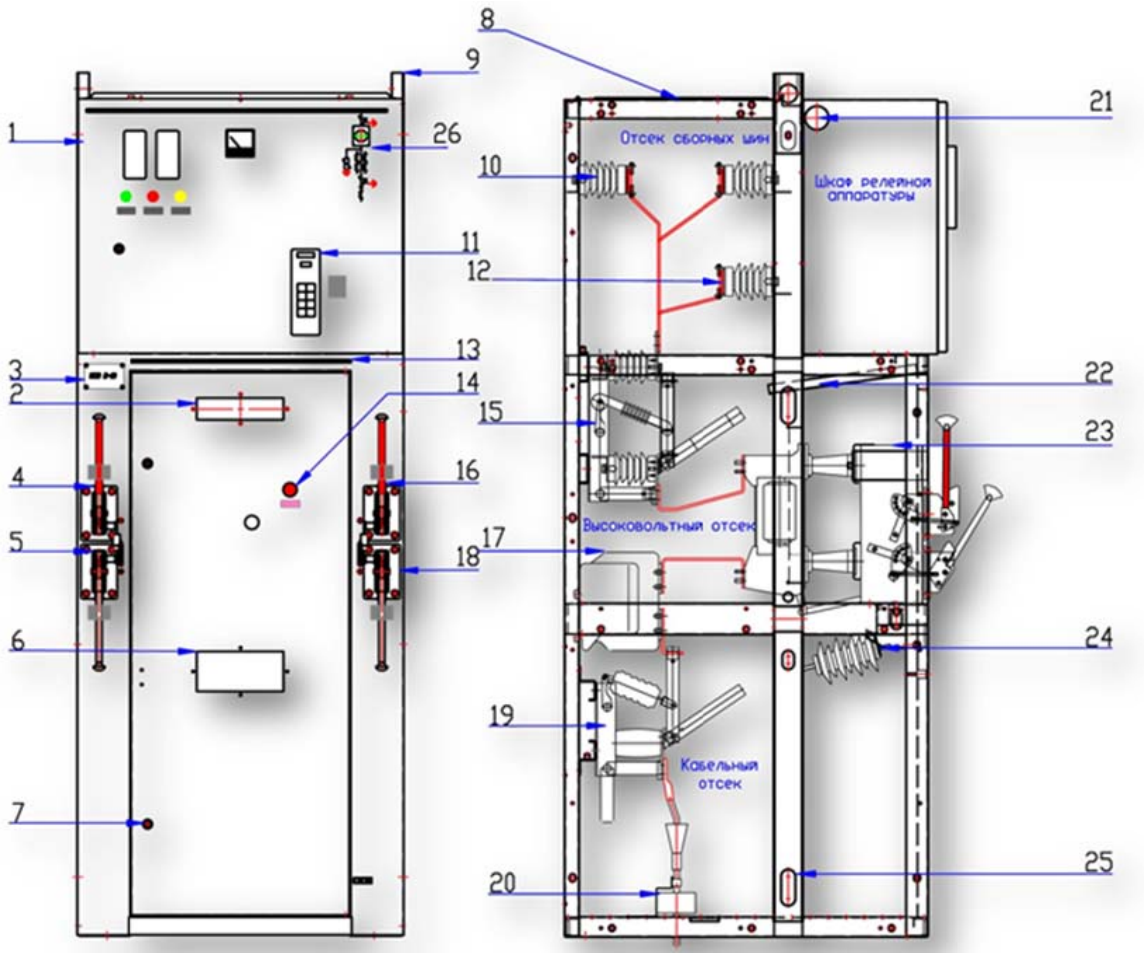
К-59 сериялы, кернеуі 6 (10) кВ сыртқа орнатылатын жиынтық ТҚ (СЖТҚ) к-104Ф сериялы базалық шкафтардан қалыптастырады. Шкафтарда (1.13-сурет) жетектердің, ажыратқыштардың, есептеу және автоматика аспаптарының қалыпты жұмысын қамтамасыз ететін жергілікті жылытқышы болады.



I - релелік аппаратураның шкафы; II - ажыратқыш элементтің бөлігі; III - құрастырмалы шиналардың бөлігі; IV - кабельдік бөлік;

1 – оперативтік шиналарды енгізуге арналған тесіктер; 2 - оперативтік шиналардың клеммалық қатары; 3 - бақылау кабельдерін енгізуге арналған тесіктер; 4 - ілмектеу рылары; 5 - шкафтың ішкі коммутациясының және сыртқы байланыстардың клеммалық қатары; 6 - «Siemens» жоғары вольтты вакуумдық ажыратқышы; 7 - шығарғыш элемент; 8 - шығарғыш элемент қалпының фиксаторы; 9 - тірек швеллерлер; 10 - бақылау кабелін енгізу орны;11 - күш кабелін енгізу орны; 12 - ТЗЛМ типті трансформатор; 13 - күштік кабель; 14 - қуат кабелін қосу орны; 15 - ТОЛ-10 типті Ток трансформаторы; 16 - бөліктер арасындағы текстолитті қалқа; 17 - басты тізбектің түйіспелері; 18 - өтпелі оқшаулағыш; 19-құрама шиналар; 20 – қайырмалы қақпақ; 21 – жылжымалы жоғарғы пердешка; 22 – қозғалмайтын пердешка; 23 - жылжымалы төменгі пердеше; 24 - АКШ асқын кернеулерді шектегіш.

1.11-сурет - Кабель қосылған ЖТҚ2-10 шкафы.

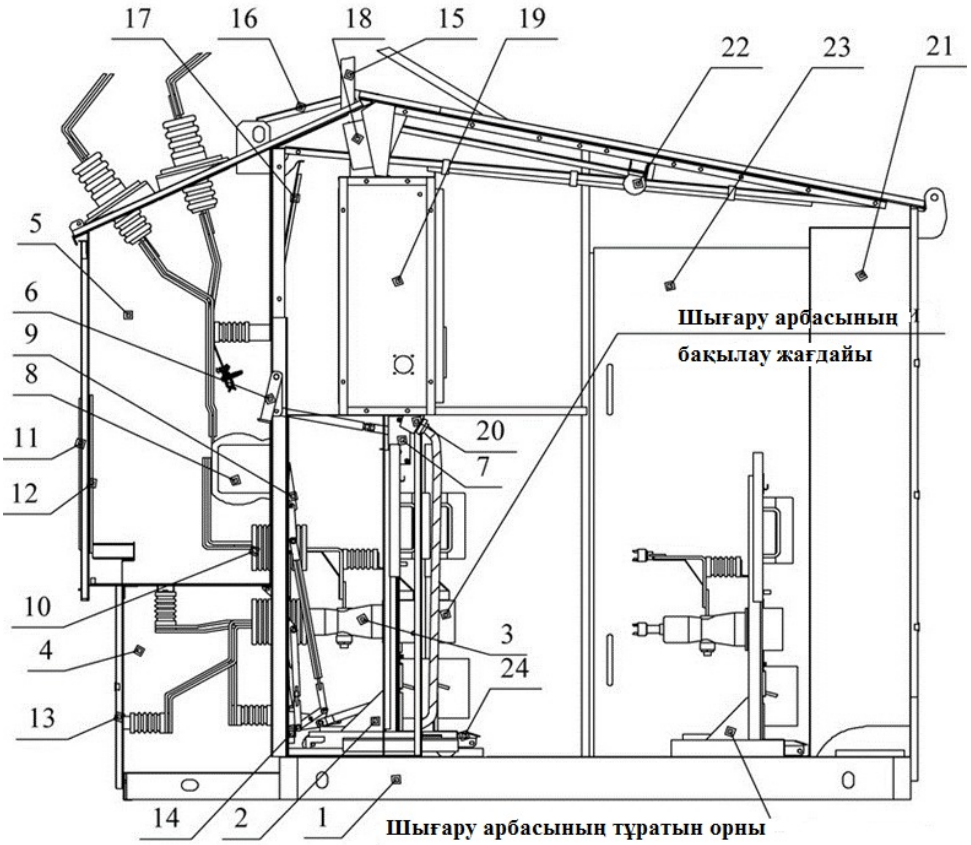


1 - Реле аппаратурасы шкафының есігі; 2,6 - ажыратқыштар пышақтарының орналасуын қарау терезелері; 3- паспорттық кесте; 4 - Шина ажыратқыштың жерге тұйықтау

пышақтарын басқару жетегі; 5 - Шина ажыратқыштың бас пышақтарын басқару жетегі

ажыратқыш; 7 - Есік құлпы; 8 - Қайырмалы қақпақ; 9 - Жүк көтергіш ілмек; 10 - Құрама шиналардың тірек оқшаулағыштары; 11 - Микропроцессорлық блок; 12 - Құрама шиналар; 13 - Жөндеу (инвентарлық) қалқаға арналған ойық; 14 - Вакуумды ажыратқышты бақылау және қолмен басқару тесіктері; 15 - Шина ажыратқышы; 16 - Желілік ажыратқыштың жерге тұйықтау пышақтарын басқару жетегі; 17 - ТОЛ типті ток трансформаторы; 18 - Желілік ажыратқыштың бас пышақтарды басқару жетегі; 19 - Желілік ажыратқыш; 20 - ТЗЛМ типті ток трансформаторы; 21 - Коммутацияға арналған тесік; 22 - Жөндеу қалқаларын орнатуға арналған бағыттағыштар; 23 - 3АН5 «Siemens» вакуумды ажыратқышы; 24 - Асқын кернеуді шектегіш; 25 - Бақылау кабелін енгізуге арналған тесік; 26 - Мнемосұлба

1.12-сурет - БҚК2-10 сериялы шкаф



1 - негіз; 2 - ажыратқыш арба; 3 - жоғары вольтті ажыратқыш; 4 - құрама шиналардың бөлігі; 5 - енгізу бөлігі; 6 - жерге тұйықтау ажыратқышы; 7-жерге тұйықтау пышағының жетегі; 8-ток трасформаторлары; 9 - қорғаныс перделері; 10-қозғалмайтын ажыратқыш түйіспелері бар өтетін оқшаулағыштар; 11 - енгізу бөлігінің люк есігі; 12-сақтандырғыш аралық; 13 - алмалы-салмалы қабырға; 14 - электр қыздырғыш; 15-кронштейндер; 16 - түсіру клапаны; 17-түсіру клапаны; дифференциалды; 18-желдету қалқасы; 19 - релелік шкаф; 20 - штепсельді ажырату; 21-релелік шкафтар блогы; 22 - жарықтандыру торабы; 23 - есік; 24 - түсіру арбасының қалпын бекіткіш педалі

1.13-сурет - Ауамен қосылған СЖТҚ

Жиынтық тарату құрылғылары (ЖТҚ) оқшауланған немесе бейтарап доға сөндіргіш реактор арқылы жерге қосылған үш фазалы айнымалы ток желілерінің тарату құрылғыларында жұмыс істеуге арналған. ЖТҚ электр техникалық жабдықтар, релелік қорғаныс және автоматика құрылғылары, өлшеу аспаптары және т. б. орнатылған жеке камералардан алынады.

Құрылымдық орындалуына байланысты барлық ЖТҚ-ны келесі топтарға бөлуге болады:

- стационарлық жасалған;
- тегістеліп жасалған;
- элегазбен толтырылған моноблоктар.

Стационарлық жасалған ЖТҚ-да коммутациялық аппараттар, кернеу трансформаторлары, шағын қуатты өзіндік мұқтаждық трансформаторлары камераларда қозғалыссыз орнатылады.

Тегістеліп жасалған ЖТҚ-да жоғарыда аталған жабдық шығару арбашаларында орнатылады.

ЖТҚ қызмет көрсету шарты бойынша мынандай болуы мүмкін:

- біржақты қызмет көрсету (қатпарлы типті) - қасбеті жағынан қызмет көрсететін қабырғаға еркін түрде орнатылады;

- екіжақты қызмет көрсету (еркін тұратындар) - алдыңғы және артқы жағынан өту жолдары бар еркін орнатылады.

БҚК стационарлық камераларын, әдетте, біржақты қызмет көрсетумен, ал СЖТҚ мен тегістемелі ЖТҚ-ны — екіжақты қызмет көрсетумен орнату қажет. Бір жақты қызмет көрсететін ЖТҚ-ны қолдану оларды ені аз ТҚ үй-жайларында орналастыру мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Ішке орнатылатын жиынтық тегістемелі тарату құрылғылары 10(6) кВ тарату пункттерінде, бастапқы кернеуі 35÷110 кВ жиынтық трансформаторлық қосалқы станцияларды қоса алғанда, трансформаторлық қосалқы станциялардың 10(6) тарату құрылғыларында орнатуға арналған.

Тегістемелі ЖТҚ-ның *негізгі артықшылықтары:*

- ажыратқышты арбада орнатылған резервтік ажыратқышпен жылдам ауыстыру мүмкіндігі, бұл әсіресе ірі және жауапты электр қондырғылар үшін маңызды;

- құрылғылардың ықшамдылығы, өйткені ажыратқыштардың орнына штепсель түріндегі арнайы жылжымалы байланыстар қолданылады, бұл камералардың сенімділігі мен оларға техникалық қызмет көрсету ыңғайлылығын арттыруға мүмкіндік береді;

- жанасудан және шамадан тыс тозаңданудан қорғау үшін ток өткізгіш бөліктерді сенімді жабу.

Тегістеліп жасалған ЖТҚ 3150 А дейін түрлі сериялы ток үшін шығарылады: К-59, К-61, К-61М, К-63, К-66, К-104 М, К-105 және т. б.

Олар бастапқы қосылыстар сұлбаларының кең диапазоны бар және басты қосылыстардың күрделі сұлбалары бар қосалқы станцияларда қолданылады, қосулар саны көп және қосу ажыратқышының тогы 1000 А астам.

Барлық сериядағы ЖТҚ камералардың құрылымы қатты, оған ток өткізгіш бөліктер (құрама шиналар, тармақтаулар), кернеу трансформаторлары, ток трансформаторлары, асқын кернеуді шектегіштер және камера сұлбасына сәйкес басқа да жабдықтар салынған. Камераның корпусы бөліктерге бөлінген: жиналмалы шиналардың бөліктері, ажыратқыш элементтің бөліктері, желілік бөлік, релелік қорғаныс және автоматика бөліктері (шкафы).

Шығару арбашаларында жоғары вольтты ажыратқыштар, кернеу трансформаторлары, өз қажеттіліктері трансформаторларын қосуға арналған сақтандырғыштар орналастырылады. Әрбір серияның типтік сұлбаларында

ажыратқыштары бар арба қарастырылады, олардың рөлін ажыратқыш контактілер орындайды. Ажыратқыш элементтің жоғарғы және төменгі бөліктерінде жылжымалы ажыратқыш контактілер орналасқан, олар элементті шкафқа домалату кезінде шиналы (жоғарғы) және сызықты (төменгі) қозғалмайтын контактілермен тұйықталады. Алдын ала ажыратылған ажыратқышы бар элементті шығарған кезде ажыратқыш контактілер ажыратылады және бұл ретте ажыратқыш құрама шиналардан және кабельді енгізулерден ажыратылады.

Ажыратқыш элемент шкаф корпусынан тыс болғанда, ажыратқышқа және оның жетегіне жөндеу үшін ыңғайлы қол жеткізу, ал қажет болған жағдайда – ажыратқышты жылдам ауыстыру қамтамасыз етіледі.

Тарату камераларында коммутациялық аппараттар ретінде вакуумдық, элегаздық және аз майлы ажыратқыштар қолданылады. Элегазды ажыратқыштардың артықшылықтарының бірі оқшаулаудың зақымдану мүмкіндігін болдырмайтын коммутациялық асқын кернеулердің жоғары деңгейі болып табылады, сонымен қатар 50 кА дейінгі коммутациялық қабілеті және 128 кА дейінгі электродинамикалық тұрақтылығы, бұл оларды қысқа тұйықталу токтары үлкен желілерде қолдануға мүмкіндік береді.

РҚжА, басқару, өлшеу және сигнал берудің барлық аппаратурасы жеке бөлікте немесе ЖТҚ камерасы корпусының жоғарғы жағына орналастырылатын жеке шкафта орнатылады. Релелік шкафтың екінші реттік тізбектерінің байланысы сымдардың және штепсельді ажыратқыштардың көмегімен орындалады. Қазіргі уақытта шығарылатын камералардың барлық сериялары үшін РҚжА микропроцессорлық құрылғыларын қолдану мүмкіндігі қарастырылады [7].

Бақылау сұрақтары:

1. Қосалқы станцияларды қандай белгілер бойынша жіктейді?
2. БТҚС негізгі жабдықтарын атаңыз.
3. БТҚС орналасқан жерін, түрін және қуатын таңдау немен байланысты?
4. 6(10) кВ кернеудегі ТҚ және ТП қандай жабдықпен құралады?
5. ЖТҚ-ның негізгі қасиеттерін атаңыз.
6. ТП шина секцияларының арасында және кірмелерде ажыратқыштар қандай жағдайларда орнатылады?
7. Ажыратқыштармен салыстырғанда АКШ артықшылықтарын атаңыз.
8. Төменвольтті жиынтықты құрылғылар қандай белгілер бойынша жіктеледі?
9. ЖТҚ /TEL сериялы модульдік орындау камерасының БКҚ-дан айырмашылығы неде?

1.4 Аппараттар мен ток өткізгіш бөліктерді таңдау

1.4.1 Жалпы мәліметтер

Электр аппараттары мен ток өткізгіш құрылғылар келесі талаптарға сәйкес болуы тиіс:

- қысқа мерзімді асқын кернеулер мен шамадан тыс жүктеме кезінде қалыпты режимде ұзақ жұмыс істеу мүмкіндігі, сондай-ақ ауырлатылған режимде токпен рұқсат етілген қыздыру;
- ҚТ режиміндегі орнықтылық; техникалық-экономикалық мақсаттылық; қоршаған ортаны және қондырғы түрін үйлестіру;
- механикалық беріктік.

Қалыпты режимде беріктілік қоры есебінен электр қондырғыларының қалыпты жұмыс істеуіне кепілдік берілетін шектердегі аппараттар мен ток өткізуші немесе токтың сенімді жұмысы;

- ҚТ режимінде таңдалған параметрлердің термиялық және құрылғылардың шарттарына сәйкес келуі оларды номиналды кернеу және номиналды ток бойынша дұрыс таңдаумен қамтамасыз етіледі;
- электродинамикалық тұрақтылық кернеуінің жоғарылау ұзақтығы мен мәнін ауырлатылған шектеумен [7].

1.4.2 Ұзақ жұмыс істеу шарттары бойынша аппараттар мен ток өткізгіш құрылғыларды таңдау

Номиналды кернеу бойынша таңдау. $U_н$ аппаратының номиналды кернеуі - бұл аппарат арналған үш фазалы жүйенің желілік кернеуі.
Номиналды кернеу бойынша аппараттарды таңдау кезінде шарт орындалуы тиіс

$$U_н \geq U_{н.у} \qquad (1.1)$$

мұнда $U_{н.у}$ - аппарат таңдайтын қондырғының номиналды кернеуі. Электр аппараттарына арналған каталогтарда ең көп жұмыс кернеуі келтіріледі

$$U_{н.р} = U_{н.} + \Delta U_н \geq U_{н.у} + \Delta U_р \qquad (1.2)$$

мұнда $\Delta U_{р.у}$ - пайдалану жағдайында қондырғының жұмыс кернеуінің номиналды кернеуінен ықтимал ауытқуы;

$\Delta U_{р.у}$ дайындаушы зауыт аппараттың қалыпты жұмысына кепілдік беретін номиналды кернеуден жоғары кернеудің рұқсат етілетін жоғарылауы, бұл шама: дара реакторлар, ток және кернеу трансформаторлары, сақтандырғыштар, кабельдер үшін 10%; ажыратқыштар, айырғыштар, оқшаулағыштар, қосарланған реакторлар үшін 15%; разрядтағыштар үшін 25%.

$U_{н.р}$ мәндерінің белгіленген шкаласы $U_{н.}$ номиналды кернеу қатары үшін: 6, 10, 15, 20, 35, 110, 150, 220 кВ тиісінше келесі түрге ие: 7,2; 12; 17,5; 24; 40,5; 126; 172; 252 кВ. Электр қондырғыларының ток өткізуші бөліктерінің қимасы ток тығыздығы бойынша және қыздыру бойынша таңдалады. Бұл ретте қысқа емес артық жүктемені ескерместен қондырғының

қалыпты режимінен шығады. $I_н$ аппаратының номиналды тогы-ең үлкен ток (қолданыстағы мән), ол аппарат берілген номиналды кернеу мен жиілігі, ауаның нормаланған температурасы кезінде ұзақ уақыт өткізе алады. Бұл ретте аппарат бөліктерінің температурасы ұзақ жұмыс үшін рұқсат етілгеннен, белгіленгеннен аспауы тиіс

Жалпы одақтық стандарттарға сәйкес $I_Н$ аппараттарының номиналды тогы қоршаған ауаның температурасы $Θ_{н.ср}$=+35°С кезінде нормаланған, сымдар мен кабельдердің $I_{доп}$ тогы $Θ_{н.ср}$=+25°С ауа температурасы кезінде немесе $Θ_{н.ср}$=+15°С жер температурасы кезінде. Ұзақ қыздыру мүмкіндігі кезінде аппараттар мен токөткізгіш құрылғыларды ауырлатылған режим шарттарынан таңдайды: аппараттар үшін

$$I_Н \geq I_{р.УТЖ} \qquad (1.3)$$

өткізгіштер үшін

$$I_{доп} \geq I_{р.УТЖ} \qquad (1.4)$$

мұнда $I_{р.УТЖ}$ ауырлатылған режимдегі тізбектегі ток;

$I_Н$ - аппараттың номиналды тогы;

$I_{доп}$ - өткізгіштің ұзақ рұқсат етілген тогы.

Жүктемелі режим тогы - ең қолайсыз пайдалану режимдерінде барынша мүмкін болатын ұзақ жүктеме тогы. Ауырлатылған режим келесі жағдайларда туындайды:

- параллель желілердің тізбектері үшін олардың біреуін ажыратқан кезде;
- трансформаторлардың тізбектері үшін олардың шамадан тыс жүктелу қабілетін пайдалану кезінде; кабельдердің шамадан тыс жүктелу қабілетін пайдалану кезінде кабель желілері үшін;
- секциялар арасындағы қуаттың ең жоғары ағынының режимі бойынша секциялық және шина айырғыш аппараттардың тізбектеріндегі станциялар мен қосалқы станциялардың, аппараттар мен шиналардың құрама шиналары үшін;
- тізбектердің бірін ажырату кезінде тұтынушыларды қоректендірудің резервтелген сұлбасы кезінде қарапайым дара реактор үшін;
- бір тармақтың номиналды тогын анықтау кезінде қосарланған реактор үшін-иыққа жалғанған желілердің ауырлатылған режимі кезінде. Аппаратураны дұрыс таңдау үшін оның шамадан тыс жүктеу қабілетін және қоршаған ортаның температуралық жағдайларын ескеру қажет.

Қоршаған ауаның температурасы +60°С-қа дейін кезінде ұзақ жұмыс тогы тиісінше 40°С-қа 0,94; 50°С-қа 0,79; 60°С-қа 0,61 температураға төмендеген жағдайда ұзақ жұмыс істеу үшін аппараттарды қолдануға рұқсат етіледі. Қоршаған ортаның температурасы +35°С-тан төмен болуы мүмкін; 30°С-та 1,03; 20°С-та 1,09; 10°С-та 1,15; 0°С-та 1,2. Егер максимум сағатындағы жүктеме 0,8 $I_{доп}$-дан артық емес болса, кернеуі 10 кВ және одан төмен оқшаулама сіңдірілген қағазы бар кабельдер үшін ЭОҚ-қа сәйкес апатты жою кезінде 1,3 $I_{доп}$-қа кабельді шамадан тыс жүктеуге рұқсат етіледі.

Көрсетілген асқын жүктеме ең жоғары жүктемеге (бірақ тәулігіне 6 сағаттан аспайтын) бес тәулік ішінде жол беріледі [17].

1.4.3 Аппараттарды және ток өткізгіш құрылғыларды ҚТ режимі бойынша тексеру

Ұзақ жұмыс істеу шарттары бойынша таңдалған электр аппараттары, оқшаулағыштар мен өткізгіштер ҚТ кезінде электродинамикалық және термиялық беріктігін тексерген жөн. Ажыратқыш аппараттар, бұдан басқа, ҚТ токтарына қатысты ажыратқыш қабілеті бойынша да тексеріледі. Кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғыларында ҚТ режимі бойынша ЭОҚ-қа сәйкес электр аппараттары, ток өткізгіштер, кабельдер және басқа да өткізгіштер, оларға арналған тірек және тірек конструкциялары, сондай-ақ ҚТ екпінді ток кезінде электр берілісінің әуе желілері және ыдыратылған сымдардың кергіштері арасындағы қашықтықты тексереді. Кернеуі 1000 В дейінгі электр қондырғыларында ҚТ режимі бойынша тек тарату қалқандары, ток өткізгіштер және күш шкафтары тексеріледі. ЭОҚ-қа сәйкес 1000 В жоғары кернеу кезінде ҚТ режимі бойынша мыналар тексерілмейді:

- термиялық беріктігі бойынша, ал номиналды ток 60 А дейін, - электродинамикалық беріктігі бойынша, олардың номиналды тогына және түріне қарамастан, балқымалы ендірмелермен қорғалған аппараттар мен өткізгіштер;

- жеке электр қабылдағыштарға, оның ішінде жалпы қуаты 2500 кВ А-ға дейінгі цех трансформаторларына және жоғары кернеуі 20 кВ-ға дейінгі тізбектердегі өткізгіштер, егер бір мезгілде шарттар сақталған болса: электр немесе технологиялық бөліктерде резервтеудің қажетті дәрежесі көзделген, ҚТ кезінде өткізгіштің зақымдануы жарылыс немесе өрт тудыруы мүмкін емес, айтарлықтай қиындықтарсыз өткізгішті ауыстыру мүмкін;

- трансформаторларды немесе реактивті желілерді қоректендіретін 220 кВ дейінгі тізбектердегі ток трансформаторлары, ҚТ шарттары бойынша ток трансформаторларын таңдау трансформация коэффициенттерін осындай жоғарылатуды талап ететін кезде қосылған өлшеу аспаптарының қажетті дәлдік класы қамтамасыз етілуі мүмкін емес;

- АҚК жабдықталған желілерді қоспағанда, ҚТ екпінді тогы 50 кА-дан кем болған кездегі электр берілісінің әуе желілерінің сымдары;

- кернеу трансформаторлары тізбектерінің аппараттары мен шиналары оларды жеке камерада немесе қосымша резистордан кейін орналастыру кезінде.

ЭОҚ-қа сәйкес ҚТ есептік түрі: аппараттардың, қатты шиналардың және тірек оқшаулағыштардың электродинамикалық тұрақтылығын анықтау үшін үш фазалы ҚТ;

аппараттар мен өткізгіштердің термиялық тұрақтылығын анықтау үшін - үш фазалы ҚТ;

- электр станцияларының генераторлық кернеуінде үш фазалы немесе екі фазалы ҚТ олардың қайсысы үлкен қызуға әкеліп соқтыратынына байланысты:

- кернеуі 35 кВ дейінгі желілерде коммутациялық қабілеті бойынша аппараттарды таңдау үшін-үш фазалы ҚТ;

- кернеуі 110 кВ және одан жоғары желілерде үш фазалы және бір фазалы, ал ажыратқыш қабілетін тексеру кернеуді қалпына келтіру шарттарын ескере отырып, неғұрлым ауыр режим бойынша жүргізіледі.

Реактивті желі тізбегінде аппараттар мен өткізгіштерді таңдау кезінде шиналы ажыратқыштарды, ажыратқыштарды, ток трансформаторларын, өтпелі оқшаулағыштарды және реакторға дейін орнатылатын шиналы ажыратқыштарды таңдау реактор артындағы ҚТ токтарының мәндері бойынша жасалуы қажет;

- құрама шиналардан бөлетін сөрелерге және бөлетін сөрелерде өтетін оқшаулағыштарға дейін тармақтарды шиналауды таңдау реакторға дейін ҚТ токтарының мәндері бойынша жасалуы керек;

- реакторлармен бірізді қосылған секциялық ажыратқыштарды ажыратқыш пен реактор арасындағы учаскеде ҚТ ажырату керек.

Электр жабдықтарын таңдау үшін ҚТ токтарын есептеу әдістемесі бойынша есептерде МЕМСТ немесе каталогтарға сәйкес трансформаторларға $U_к$ орташа мәндері қабылданады (ЖКР орташа тармақталуы). Бұл жағдайды, сондай-ақ бастапқы ақпараттың дәлме-дәлдігін және ҚТ есептеу әдістемесінің жорамалдануын ескере отырып, ажыратқыш жабдықты таңдау кезінде ҚТ токтары бойынша қор шамамен 15...20% болуы керек.

Электродинамикалық беріктігін тексеру. Аппараттардың электродинамикалық тұрақтылығы жалпы жағдайда мына қатынаспен анықталады:

$$I_{н.дин} \geq I_{пО} \qquad (1.5)$$

$$i_{н.дин} \geq i_{уд} \qquad (1.6)$$

мұнда $I_{н.дин}$ - ҚТ толық токтың периодтық құраушысының қолданыстағы мәні;

$i_{н.дин}$ - ҚТ толық тогының жылдам амплитудалық мәні;

$I_{пО}$ - К3 токтың периодтық құраушысының бастапқы қолданыстағы мәні;

$i_{уд}$ - ҚТ соққы тогы.

Ажыратқыштарды екі шарт бойынша тексереді, себебі нақты сұлба үшін соққы коэффициентінің есептік мәні $k_{уд}$ =1,8 мәнінен ажыратқыштар үшін МЕМСТ 68778 көрсетілген айырмадан ерекшеленуі мүмкін. Ажыратқыштың ажырату қабілеті қалпына келтірілген кернеудің амплитудасы мен жылдамдығына байланысты болады.

Термиялық беріктігін тексеру. Аппараттар мен өткізгіштердің термиялық беріктігі мына шартпен анықталады:

$$I^2_{н.тер} t_{н.тер} \geq B_к \qquad (1.7)$$

мұнда $I_{н.тер}$ - термиялық беріктіктің номиналды тогы– зауыт-өндіруші зауыт деректері бойынша аппарат $t_{н.тер}$ термиялық беріктігінің номиналды уақыты ішінде төзе алатын өшпейтін мерзімді токтың қолданыстағы мәні.

$B_к$ – ҚТ тогының әрекет ету кезінде бөлінген жылу мөлшерін сипаттайтын ҚТ тогының жылу импульсі (ҚТ квадраттық тогының импульсы) [7].

1.4.4 Кернеуі 1000 В жоғары ажыратқыштарды таңдау

Кернеуі 1000 В жоғары ажыратқыштар номиналды параметрлері, қондырғы түрі, типі және коммутациялық қабілеті бойынша таңдалады. Таңдалған ажыратқыштарды өтпе токтар кезінде беріктігіне тексереді. Кернеуі 1000 В жоғары ажыратқыштарды таңдау және тексеру шарттары.

1.3-кесте - Жоғары вольтты ажыратқышты таңдау

Аппараттың параметрі	Параметрлердің белгіленуі таңдау шарттары	Ескертулер
Кернеу, кВ	$U_и \geq U_{н \cdot у}$	Шартты қосымша тексеру: $U_{н.р} \geq U_{н.у} + \Delta U_{р.у}$
Ұзақ ток, кА	$I_н \geq I_{р.утж}$	Қосымша шартты тексеру: $I_{н.\theta} \geq I_{р.утж}$. кезінде қоршаған ортаның орташа тәуліктік температурасы $\theta_{ср} \neq +35^0 C$
Ажыратудың рұқсат етілген тогы; кА:	$I_{н.отк} \geq I_{отк.расч}$	Қолданыстағы мәні Және нормаланған $U_н$жағдайларда ҚТ тогы: τ< О,15с кезінде $I_{отк.расч.} \approx I_{п.0.}$ $при$ $\tau \geq O,15с$ $I_{отк.расч.} \approx I_{п.\tau}где$ $I_{п\tau.} -$ мерзімді құрамдауыш τуақыт кезінде ҚТ тоғы
симметриялы (ҚТ токтың периодтық құраушысы) асимметриялы (периодтық және ҚТ тоғы құраушысы)	$I_{н.отк} \geq I_{п.\tau}$ $\beta_н \geq \beta$	Талап етілген жағдайда $I_{п.о} > 0,71_{нотк.}$ $\beta_и = \frac{i_{а.н}}{\sqrt{2I_{н.отк}}} 100.\%$ $\beta_и = \frac{i_{а.н}}{\sqrt{2I_{п.\tau}}} 100.\%$ τ< 80 мс β=0 кезінде $\beta_н < \beta$кезінде тексеру керек $\sqrt{2}I_{н.отк}\left(1+\frac{\beta_н}{100}\right) \geq \sqrt{2}I_{п.\tau} + I_{а.\tau}$
Ажыратудың шекті тогы. кА	$I_{п.отк} \geq I_{п.\tau}$	Әртүрлі кернеулердегі ең үлкен ток $I_{п.отк} = k_н I_{н.отк;}$ k_H =1 тез әсер ететін ажыратқыштар үшін; k_(H)= 2 . . . 3 үшін

Аппараттың параметрі	Параметрлердің белгіленуі таңдау шарттары	Ескертулер
		сөндіру камераларынсыз майлы ажыратқыштар
өшіру қуаты (үшфазалы симметриялы), МВ. А	$S_{и.отк} \geq S_{отк.расч}$	$S_{н.отк} = \sqrt{3} I_{н.отк} U_н;$ $S_{отк.расч} = \sqrt{3 I_{отк.расч} U_{н.р}};$
Сол сияқты, АҚҚ, МВ болған кезде. А	$S_{отк.АПВ} \geq \frac{S_{отк.расч}}{k_{АПВ}}$	$k_{АПВ}$ = 1 әуе ажыратқыштары үшін: $k_{АПВ}$ =0,7 майлы ажыратқыштар үшін
Рұқсат етілген қосу тогы, кА; қолданыстағы амплитудалық мән	$I_{н.вык} \geq I_{п.\tau}$ $I_{н.вык} \geq I_{вык.рас}$	Ең жоғары кепілдік берілетін қосу тогы $U_{н.р}$ инормаланған жағдайларда. $I_{н.вкл} \geq I_{н.отк}$ $I_{н.вкл} = \sqrt{2} 1{,}8 I_{н.отк}$ $I_{вкл.расч} = \sqrt{2} K_{уд} I_{п.\tau.}$
Электродинамикалы қ тұрақтылық тогы, кА: әсерлік соққы мәні	$I_{н.дин} \geq I_{п.0}$ $I_{н.дин} \geq i_{уд}$	Шекті өтпелі ток $i_{н.дин} = \sqrt{2} 1,8_{н.отк}$
Термиялық тұрақтылық (жылу импульсі 1\3)	$I^2{}_{н.тер} t_{тер} \geq B_к$	Термиялық беріктіктің шекті тогы ажыратқыштың шекті тогына тең (МЕМСТ 687-70), кА; $I_{п.тер} = I_{п.отк}$. ҚТ $U_н \leq 220\ кВ\ t_{тер} = 1 \ldots .3с$

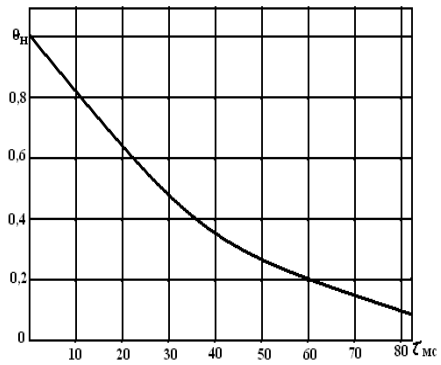
Ажыратқыштарды орнату тегі бойынша орнату орнынана тәуелді: ашық ауада немесе орынжайда және қоршаған орта жағдайында. Типі бойынша ажыратқыштар, аз мөлшердегі, көп мөлшердегі майлы, әуе ажыратқыштың немесе сол типін қолданған дұрыс шарттарға сәйкес таңдалады.

Ажыратқыштың ажырату қабілеті, МЕМСТ 687 78 бойынша, токтың периодты құрауышының әсерлік мәні түрінде $I_{н.отк.}$ номиналды ажырату тогымен және есептік уақытқа τ жатқызылған $\beta_н$ тогының апериодты құрауышының номиналды пайыздық мәнімен, сондай-ақ қалпына келтіруші кернеудің нормаланған параметрлерімен беріледі. ҚТ-тан бастап ажыратқыштың доға сөндіргіштерінің жанасуын тоқтатуға дейінгі уақыт τ:

$$\tau = t_{защ.мин.} + t_{с.в.отк.} \quad (1.8)$$

мұнда $t_{защ.мин}$ - қорғаныстың іске қосылуының ең аз уақыты, деректер болмаған кезде $t_{защ.мин}$ =0,01..,0,02 с деп қабылданады;

$t_{с.в.откл}$ - ажыратқыштарға каталог бойынша қабылданатын жетекті ажыратудың өзіндік уақыты, с.



1.14-сурет - ҚТ тогының апериодты құрамдас бөлігінің пайыздық құрамының нормаланған қисығы

Оқшаулағыш бейтарабы бар желілерде жұмыс істеуге арналған ажыратқыштарды ажырату және қосу токтарының кепілдік берілетін мәндері тек екі полюсті және үш полюсті ҚТ жатады; қалған ажыратқыштар үшін ҚТ кез келген түріне жатады.

Жүктеме ажыратқыштарын, бөлгіштерді, қысқа тұйықтағыштарды, ажыратқыштарды және сақтандырғыштарды таңдау

Жүктеме ажыратқыштарын, айырғыштарды, қысқа тұйықтағыштарды және айырғыштарды таңдау шарттары 1.3-кестеде жалпыланған. Кернеуі 1000 В жоғары сақтандырғыштар мынадай шарттар бойынша таңдалады:

$$U_н \geq U_{н.у} \quad (1.9)$$

$$I_н \geq I_{р.утж} \quad (1.10)$$

$$I_{н.\ отк} \geq I_{п.О'} \quad (1.11)$$

Кварц құмы толтырылған ПК типті сақтандырғыштарды мынадай жағдайда ғана қолдануға болады

$$U_н = U_{н.у} \quad (1.12)$$

Сақтандырғыштың балқымалы қондырғысының номиналды тогы өтпелі режимдердің токтарын ескере отырып (электр қозғалтқыштардың іске қосу токтары, трансформаторлардың магниттелу тогының тесіктері және т.б.) қорғаныс әрекетінің таңдау шарттары бойынша таңдалады [7].

1.4.5 Ток шектейтін реакторларды таңдау

Ток шектейтін реакторлар кернеудің, токтың және индуктивті кедергінің номиналды мәндері бойынша таңдалады, ҚТ токтары кезінде электродинамикалық және термиялық беріктігін тексереді. Ток шектейтін реакторларды таңдау және тексеру шарттары 1.4-кестеде келтірілген.

Реактордың номиналды тогы ауырлатылған режим шарттары бойынша анықталады. Қосарлы реактордың номиналды тогы бір тармақтың

номиналды тогын қабылдайды, бұл ретте оның орташа шығысы қосарлы токқа есептелген. Қосарланған реактордың номиналды реактивті кедергісі бір тармақтың кедергісіне тең. Сұлбадағы қосу орнына байланысты желілік және секциялық реакторлар ажыратылады. Желілік реактор ретінде дара немесе қосарланған реакторлар пайдаланылады. Желілік реакторды желі жағынан ажыратқыштан кейін орнату ұсынылады. Сызықтық реактордың индуктивті кедергісін таңдау кезінде ҚТ тогын экономикалық мақсатқа сай шектеу және электр энергиясының қажетті сапасын қамтамасыз ету (кернеуді 45%-дан аспайтын жоғалту, кернеудің ауытқуын шектеу және күрт уақыт жүктемелері кезінде тербеліс) шарттарынан шығу керек. Реактордың артындағы зақымдану кезінде ҚТ токты шектеудің қажетті дәрежесі 6-10 кВ тарату құрылғыларындағы ажыратқыш аппараттардың (ажыратқыштар, сақтандырғыштар) параметрлерімен және термиялық беріктігі қамтамасыз етілуі тиіс шығатын кабель желілерінің қимасының ауданы анықталады. Әдетте, өнеркәсіптік кәсіпорындардың желілеріндегі ҚТ тогы сериялық өндірістің ЖТҚ ұяшықтарын қолдануға мүмкіндік беруі тиіс.

Секциялық реакторды орнатудың орындылығын шина реакторларынсыз және секциялық реакторларды орнатумен 610 кВ тарату құрылғылары сұлбаларының нұсқаларын техникалық-экономикалық салыстырумен тексереді. Әдетте Х р желілік реакторлардың реактивті кедергісі 58 %, секциялық 8... 12% қабылдайды.

1.4-кесте - Ток шектейтін реакторларды таңдау

Аппараттың параметрі	Параметрлердің белгіленуі. Таңдау шарттары
Кернеу, кВ	$U_н \geq U_{н.у}$
Ұзақ ток, кА қосарланған реактор тармағының жалғыз реакторы	$I_н \geq I_{р.утж}$ $I_н \geq 0{,}7 I_{тр.утж}$
Электродинамикалық тұрақтылық тогы, кА: әсерлік соққы мәні	$I_{н.дин} \geq I_{п.0}$ $I_{и.дин} \geq i_{уд}$ $0{,}35 i_{и.дин} \geq i_{уд}$
Термиялық тұрақтылық	$I^2{}_{н.тер} t_{н.тер} \geq B_к$
Дара реактордың реактивті кедергісін таңдау, %	$x_{н.р} \geq x_р$
Қосарланған реактор тармағының реактивті кедергісін таңдау, %	$x_{п.р} \geq x_р$

Ескерту. $x_{н.р}$ - реактордың номиналды индуктивті кедергісі, Ом;

$x_{н.05}$ - екіншісінде ток болмаған жағдайда қосарланған реактордың әрбір тармағының номиналды индуктивті кедергісі, Ом;

$x_{рұқ}$ - реактордың кедергісін қоса алғанда, ҚТ тізбегінің ең жоғары рұқсат етілген есептік (салыстырмалы) реактивті кедергісі;

$x_{қол}$ - реакторға дейінгі қолданыстағы есептік (салыстырмалы) реактивті кедергі;

$I_{н.\sum}$ - ҚТ тізбегінің барлық қоректендіру көздерінің келтірілген жиынтық номиналды тогы, кА;

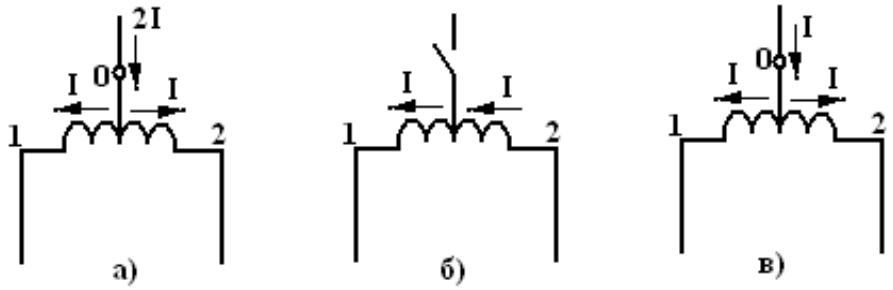
$U_{қал\ рұқ}$ - номиналды үлесіндегі тарату құрылғысының шиналарындағы рұқсат етілген қалдық кернеу;

$I_{тр.\ утж}$ - тізбегінде қосарланған реактор орнатылған шамадан тыс жүктемені есепке ала отырып, күштік трансформатордың тогы, кА;

$I_{тер.\ т.к}$ - кабельдің термиялық тұрақтылығының тогы, кА.

Қосарлы реактордағы кернеудің жиынтық төмендеуі тармақтардағы токтардың бағытына байланысты болады.

Қосарланған реактордың келесі жұмыс режимдері болады (1.15 сурет): өтпе - ток көзі орташа шықпаға қосылады, ал жүктеменің шамамен бірдей мәндері тармақтардың ұшына қосылады (1.15 - сурет); бойлық реактор орта шығыс жағынан ажыратылады және бір тармақтан екіншісіне ток ағындары жүреді (1.15-сурет, а); бір тізбекті-реактордың бір тармағы ток ағады (1.15-сурет, в).



1.1-сурет - Әртүрлі режимдердегі қосарланған реактордың жұмыс сұлбасы: а - өтпе; б - бойлық; в - бір тізбекті.

Пайдалану практикасында қосарланған реактордың бірдей жүктеменің тармақтарына қосылуына қол жеткізу қиын, бірақ бұған ұмтылу керек,бірақ жалғанған бірдей жүктемеде тұтынудың әр түрлі тәуліктік кестелері болуы мүмкін, яғни тармақтардағы токтар біркелкі емес болуы мүмкін. Сондықтан қосарланған реактордың бір тармағының тогы екі тармақтың қосынды тогынан немесе екі секцияны қоректендіретін трансформатордың номиналдық тогынан кемінде 0,7 қабылданады. Қалыпты режимде реактор жүктелмейді және осының есебінен авариялық жағдайларда 15...20% - ға артық жүктелуі мүмкін. Бірақ қосылған бірдей жүктеменің де әртүрлі тәуліктік графиктері болуы мүмкін, яғни тармақтардағы токтар бірдей болуы мүмкін. Сондықтан қосарланған реактордың бір тармағының тогы екі тармақтың қосынды тогынан немесе екі секцияны қоректендіретін трансформатордың номиналдық тогынан кемінде 0,7 қабылданады. Қалыпты режимде реактор жүктелмейді және осының есебінен авариялық жағдайларда 15...20% - ға артық жүктелуі мүмкін [7].

1.4.6 Ток трансформаторларын таңдау

Ток трансформаторлары (ТТ) кернеудің, токтың (бастапқы және қайталама) номиналдық мәндері бойынша және дәлдік класы бойынша таңдалады, ҚТ токтары кезінде электродинамикалық және термиялық беріктігін, ТТ таңдау және тексеру шарттарын тексереді:

кернеу бойынша

$$U_н \geq U_{н.у} \quad (1.13)$$

бастапқы ток бойынша

$$I_н \geq I_{н.утж} \quad (1.14)$$

электродинамикалық тұрақтылығы бойынша (ішкі)

$$I_{н.дин} \geq I_{по} \quad (1.15)$$

$$k_{н.дин} \geq k_{дин} \quad (1.16)$$

электродинамикалық тұрақтылық бойынша (термиялық тұрақтылық тогы және оның ағуының рұқсат етілген уақыты)

$$I^2_{н.тер.} t_{н.тер.} \geq B_к \quad (1.17)$$

$$k_{н.тер} \geq k_{t.тер} \quad (1.18)$$

рұқсат етілген соққы тогы

$$i_{н.дин} \geq i_{дин} \quad (1.19)$$

екінші тізбектің номиналды жүктемесі

$$z_{2н} \geq z_2 \quad (1.20)$$

$$S_н \geq S_{\sum} \quad (1.21)$$

Номиналды бастапқы ток негізгі жабдықтың параметрлерін, оның жүктелу қабілетін және ТТ қосылатын желілердің жұмыс және ауырлатылған режимдерінің токтарын есепке ала отырып таңдалады. Қондырғының тогымен салыстырғанда номиналды бастапқы токтың едәуір артуы ТТ қателігінің артуына әкеледі. МЕСТ 774678 сәйкес ТТ номиналды бастапқы ток бойынша қайта жүктеуге іс жүзінде жол берілмейді. Әдетте $I_{2н}$ = 5А номиналды екіншілік тогы бар ТТ қолданылады. Қосылатын аспаптар мен реленің үлкен қашықтығында $I_{2н}$ = 1А ТТ қолданылады. Екінші жүктеменің төменгі шегі S_2 үшін тт үшін $I_{2н}$ = 5а кезінде $S_{2н} \leq 15$ В А және cosφ= 0,8 құрайды:

$S_{2Н}$ ВА	S_2
2,5	≈ 50 % $S_{2н}$
5	75 % $S_{2н}$
10.	37,5 % $S_{2н}$
>60	>25 % $S_{2н}$

ТТ $I_{2н}$ = 1 А үшін S_2 төменгі шегі 40…50 %$S_{2н}$ құрайды.

Таңдалған ТТ Z_2 есептік жүктемені рұқсат етілген $Z_{2доп.}$ салыстыра отырып, жұмыстың дәлдігін тексереді. Мт максималды еселігін (қорғаныс іске қосылатын ҚТ тогының $m_т$ номиналды тогына қатынасы) анықтайды және шекті еселігі қисық бойынша сымдардың, реленің, аспаптардың кедергісін және оларды қосу сұлбасын ескере отырып $Z_{2доп}$ табады.

ТТ сыртқы қайталама тізбегінің жиынтық кедергісі

$$z_2 = \sum R_{асп.} + R_{сым} \quad (1.22)$$

мұнда $R_{асп.}$ - аспаптар мен реленің тізбектей қосылған орамаларының кедергі сомасы;

$R_{сым}$ - жалғау сымдарының есептік қимасының ауданын табатын жалғау сымдарының кедергісі;

$S_{сым} = \rho L_{есеп}/R_{сым}$

мұнда ρ - өткізгіштің меншікті электр кедергісі, Ом мм / км;

$L_{есеп.}$ - аспаптар мен ТТ қосу сұлбасын ескеретін қосқыш сымдардың есептік ұзындығы: толық жұлдыз сұлбасы кезінде $L_{расч} = \ell$, толық емес жұлдыз сұлбасы кезінде $L_{расч.} = 2\ell$

мұнда ℓ - ТТ мен аспапты қосатын сым ұзындығы).

Релелік қорғаныс тізбектеріндегі ТТ екінші жүктемелерін анықтау үшін зақымданудың есептік түрін анықтау және 1.5-кестенің ара қатынасын пайдалану қажет. ТТ үш фазалы топтарға қосылғанда әртүрлі сымдар бойынша әртүрлі токтар өтеді. Сондықтан нақты сұлбаларда жалғау сымдарының қимасының ауданын есептеу үшін ТТ жүктемесі ең үлкен болатын режимді таңдау қажет. Механикалық беріктілік шарттары бойынша ТТ екінші тізбегінің мыс сымдарының қимасының ауданы кемінде 1,5 мм^2, алюминий сымдарының қимасының ауданы кемінде 2,5 мм^2 (есептеуіштерді қосу үшін тиісінше 2,5 мм^2 және 4мм^2) болуы тиіс.

ТТ дәлдік класы оның мақсатына байланысты: 0,2-сынып энергия мен қуатты дәл өлшеу (дәлме-дәл бақылау және зертханалық аспаптар); 0,5-класты энергия мен қуатты дәл өлшеу, l - класты есептеу есептеуіштері; 1,0-класты энергия мен қуатты өлшеу, 2- класты бақылау есептеуіштері, қорғау релесі; 2- класс электр шамаларын, қорғау релесін техникалық өлшеу; 10-класс -қорғау релесі, жетек катушкалары; Р классы қорғау релесі [7].

1.5 кесте - Релелік қорғаныс тізбектеріндегі ТТ қайталама жүктемесін анықтау үшін есептік өрнектер

Қорғау	Екінші жүктеме z_2. Ом	Зақымданудың есептік түрі
Үш фазалы максималды ток	$z_{пр} + z_р$	Үш фазалы және екі фазалы ҚТ
Екі фазалы максималды ток	$2z_{пр} + z_р$ $3z_{пр} + z_р$	Екі фазаның арасындағы ҚТ Трансформатордың артындағы екі фазаның арасындағы ҚТ γ/Δ-11
Екі фазалы токтардың әртүрлілігіне қосылған бір релесі бар екі фазалы ең жоғары ток	$4z_{пр} + 2z_р$ $6z_{пр} + 3z_р$	Фазалар арасындағы ҚТ Трансформатордың артындағы фазалар арасындағы ҚТ γ/Δ-11

ТТ жұлдызға жалғағанда ұзына бойы дифференциалдық	$z_{пр} + z_{р/v}$	Үш фазалы және екі фазалы ҚТ
ТТ бір жағынан үшбұрышқа жалғанған кезде ұзына бойы дифференциалдық	$3(z_{пр} + z_{р.м})$	Үш фазалы және екі фазалы ҚТ

Ескерту $z_{пр}$ - жалғау сымдарының кедергісі, Ом;

$z_р$ - реле катушкаларының кедергісі, Ом;

$z_{р.м}$ - реле катушкаларының ең көп кедергісі

1.5 Қысқа тұйықталу тогы шамаларының негізгі ұғымдары мен арақатынасы

1.5.1 Жалпы деректер

ҚТ токтарын анықтау әдістемесін таңдау есептеу нәтижелерінің дәлдігіне қойылатын талаптарға байланысты. Электр қондырғыларында аппараттар мен өткізгіштерді таңдау үшін, сондай-ақ ЭОҚ-қа сәйкес күш түсетін конструкцияларға әсер етуді анықтау үшін келесіден бастау керек:

1. Қарастырылып отырған нүктенің қоректенуіне қатысатын барлық көздер номиналды жүктемемен бір мезгілде жұмыс істейді.

2. Барлық синхронды машиналарда кернеудің автоматты реттегіштері және қозудың тез әрекет ететін форсировкасы бар.

3. ҚТ тогы ҚТ ең маңызды болатын уақытта басталады.

4. Барлық қоректену көздерінің электр қозғалатын күштері фазаға сәйкес келеді.

5. Әрбір сатының есептік кернеуі желінің номиналды кернеуінен 5% жоғары қабылданады.

6. Осы желіге қосылған синхронды компенсаторлардың, синхронды және асинхронды электр қозғалтқыштардың ҚТ токтарына әсерін ескеру қажет. ҚТ токтарына асинхронды электр қозғалтқыштарының әсері, егер электр қозғалтқыштар ҚТ орнынан трансформацияның бір сатысымен бөлінген болса, сондай-ақ кез келген қуат кезінде, егер олар ҚТ орнынан трансформацияның екі немесе одан да көп сатысымен бөлінген болса немесе егер олардан ток ҚТ орнына желіден негізгі ток өтетін элементтер арқылы ғана түсуі мүмкін және елеулі кедергісі бар (желілер, трансформаторлар және т.б.) Электр қозғалтқыштарының қуаты бірлігінде ескерілуі тиіс.

7. Кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғыларында электр машиналарының, күштік трансформаторлардың және автотрансформаторлардың, реакторлардың, әуе және кабельдік желілердің, сондай-ақ ток өткізгіштердің индуктивті кедергілерін ескеру қажет. Белсенді қарсылықты тек қималардың шағын аудандарындағы сымдары және болат сымдары бар әуе желілері үшін, сондай-ақ үлкен белсенді кедергісі бар қималардың шағын аудандарындағы ұзын кабель желілері үшін ескеру қажет.

8. Кернеуі 1000 В дейінгі электр қондырғыларында қысқа тұйықталған тізбектің барлық элементтерінің индуктивті және белсенді кедергілерін ескеру қажет. Бұл ретте, егер тізбектің келтірілген толық кедергісіне олардың жиынтық әсері 10% - дан аспайтын болса, бір түрдің кедергілерімен (белсенді немесе индуктивті) елемеуге болады.

9. ҚТ токтарын есептеу кезінде төмендететін трансформаторлардан кернеуі 1000 В дейінгі электр желілерін қоректендірген жағдайда трансформаторға жүргізілген кернеу өзгеріссіз және оның номиналды кернеуіне тең болатын жағдайды ескеру керек [7].

1.5.2 Кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғыларындағы ҚТ токтарын есептеуге арналған есептік сұлба мен алмастыру сұлбасы

ҚТ токтарын анықтауға арналған есептік сұлба генераторлар, компенсаторлар, синхронды және асинхронды электр қозғалтқыштар енгізілген, К3 тогына әсер ететін, сондай-ақ электр энергиясының көздерін ҚТ орнымен байланыстыратын электрмен жабдықтау жүйесінің элементтері (желілер, трансформаторлар, реакторлар) енгізілген бір сызықты орындалған сұлба болып табылады. Электр аппараттары мен өткізгіштерді таңдау үшін есептік сұлбаны жасау кезінде және бұл ретте ҚТ токтарын анықтау кезінде осы электр қондырғысы үшін оның ұзақ жұмыс істеу жағдайларын көздеген жөн. Бұл ретте, мысалы, ауыстырып қосу кезінде осы электрқондырғы сұлбасының қысқа мерзімді түрленуін ескерудің қажеті жоқ. Электр қондырғыларының жөндеу және апаттан кейінгі жұмыс режимдері қысқа мерзімді сұлбаның өзгеруіне жатпайды. Бұдан басқа, есептік сұлба қарастырылып отырған қондырғы электрмен байланысқан сыртқы желілер мен генерациялайтын көздердің даму перспективасын оны пайдалануға енгізудің жоспарланған мерзімінен кемінде 5 жыл бұрын ескеруге тиіс.

Есептік сұлба бойынша трансформаторлық байланыстар электр байланысымен алмастырылатын алмастыру сұлбасы құрастырылады. Электр энергиясының көздерін ҚТ орнымен байланыстыратын электрмен жабдықтау жүйесінің элементтері кедергімен алмастыру сұлбасына, ал энергия көздерін кедергімен және ЭҚК енгізеді. Кедергі және ЭҚК алмастыру сұлбалары кернеудің бір сатысына келтірілуі тиіс (негізгі саты). Практикалық есептеулерде негізгі саты ретінде ҚТ токтары анықталатын сатыны қабылдау ыңғайлы. Алмастыру сұлбасындағы параметрлерді атаулы немесе салыстырмалы бірліктермен көрсетуге болады.

ЭҚК негізгі сатысына, кернеулерге, токтарға және атаулы бірліктерде жасалатын алмастыру сұлбасының кедергілеріне келтіру келесі формулалар бойынша орындалады:

$$\begin{cases} \dot{E} = E(k_1 k_2 \dots . k_n); \\ \dot{U} = U(k_1 k_2 \dots . k_n); \\ \dot{I} = \frac{i}{k_1 k_2 \dots . k_n}; \\ \dot{x} = x(k_1 k_2 \dots . k_n); \\ \dot{r} = r(k_1 k_2 \dots . k_n); \\ \dot{z} = z(k_1 k_2 \dots . k_n); \end{cases} \quad (1.23)$$

мұнда $\dot{E}$, $\dot{U}$, $\dot{I}$ - кернеудің негізгі сатысына келтірілген ЭҚК, кернеу, ток;

$\dot{x}$, $\dot{r}$, $\dot{z}$ - кернеудің негізгі сатысына келтірілген реактивті, белсенді және толық кедергі;

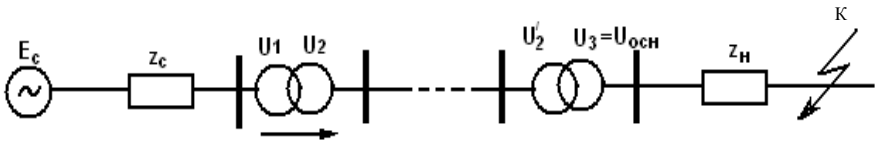
E, U, I - кернеудің негізгі сатысына келтірілген ЭҚК, кернеудің, токтың нақты мәндері;

x, r, z - олар белгілі кернеудің негізгі сатысына келтірілген реактивті, активті және толық кедергінің нақты мәндері;

k_1, k_2 ...k_n - келтірілген шамалардың мәндері белгілі кернеудің негізгі сатысы мен саты арасында қосылған трансформаторлардың нақты трансформация коэффициенттері (16-сурет).

$k_1 = U_2 / U_1$

$k_2 == U_3 / U_2$



1.16-сурет - E_c ЭҚК және $z_н$ кедергісін кернеудің негізгі сатысына келтіру сұлбасы

Трансформацияның нақты коэффициенттері бойынша қарастырылған келтіру дәл келтіру деп аталады. Практикалық есептеулерде жиі орташа номиналды кернеуді қабылдайтын жақын келтірілген келтірулерді пайдаланады, атап айтқанда: 515; 340; 230; 154; 115; 37; 24; 20; 18; 15,75; 13,8; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,525; 0,4; 0,23; 0,127 кВ. Жақын келтіру (1.24) өрнектері бойынша орындалады, онда

$$k_1 k_2 \dots k_n = \frac{U_{\text{нег.ор.}}}{U_{\text{ор.}}} \quad (1.24)$$

мұнда $U_{\text{нег.ор.}}$- негізгі сатының орташа номиналды кернеуі;

$U_{\text{ор}}$ - қайта есептеу жүргізілетін сатының орташа номиналды кернеуі.

Салыстырмалы бірліктерде ЭҚК мәндерін және сұлба кедергілерін алмастыру сұлбасын жасау кезінде базалық шамалардың таңдалған мәндерінің үлесінде көрсетіледі. Базалық шамалар ретінде $S_б$ үлкен қуаты қабылданады (есептеулерде $S_б$ қабылдау ыңғайлы; 100 немесе 1000 мВ. А)

және базалық кернеу $U_{б.нег.}$ негізгі саты үшін. Бұл ретте негізгі ток пен негізгі сатының кедергісі өрнектер бойынша анықталады

$$\left\{\begin{array}{l} I_{б.осн} = \frac{S_б}{\sqrt{3}\,U_{б.осн}}; \\ \quad = \frac{U^2_{б.осн.}}{S_б}. \end{array}\right\} \qquad (1.25)$$

Кернеудің басқа сатыларындағы базалық кернеулер мен токтар:

дәл келтіруді пайдалану кезінде өрнектер бойынша анықталады

$$\left\{\begin{array}{l} U_б = \frac{U_{б.осн}}{k_1 k_2 \ldots k_n}; \\ I_б = I_{б.осн}(k_1 k_2 \ldots k_n) \end{array}\right\} \qquad (1.26)$$

жақын дәл келтіруді пайдалану кезінде

$$U_б = U_{ор} \qquad (1.27)$$

$$I_б = S_б / U_{ор}\ ) \qquad (1.28)$$

Базалық мәндерге жатқызылған (*жұлдызша белгісімен белгіленген) салыстырмалы бірліктердегі ЭҚК және кедергіні анықтау үшін есептік өрнектер келесі түрге ие:

дәл келтіруді пайдалану кезінде

$$E_{*б} = \frac{E_{*H}}{U_б} = \frac{E}{U_б} \qquad (1.29)$$

$$x_{*б.} = x_{*H}\frac{S_б}{S_H}\left(\frac{U_H}{U_б}\right) = x\frac{S_б}{U^2_б} \qquad (1.30)$$

жақын дәл келтіруді пайдалану кезінде

$$E_{*б} = E_{*H} = \frac{E}{U_{ср}} \qquad (1.31)$$

$$x_{*б.} = x_{*H}\frac{S_б}{S_H} = x\frac{S_б}{U^2_{ср}} \qquad (1.32)$$

Номиналды мәнге жатқызылған салыстырмалы бірліктерде белгілі кедергісі кезінде атаулы бірліктерде көрсетілген алмастыру сұлбасының кедергісі келесі формулалар бойынша анықталады: дәл келтіруді пайдалану кезінде

$$x_{*б.} = x_{*H}\frac{U^2_н}{S_н} \qquad (1.33)$$

жақын дәл келтіруді пайдалану кезінде

ҚТ бастапқы тогын анықтау кезінде синхронды электр қозғалтқыштары қысқа тұйықталудан кейінгі ЭҚК Е және бойлық ось бойынша аса өтпелі индуктивті кедергі түрінде алмастыру сұлбасына енгізіледі. Тасымалдаумен жұмыс істейтін синхронды генераторлар мен электр қозғалтқыштары үшін,

$$E^{//} = \sqrt{(U_{(0)} - I_{(0)}x^{//}\sin\varphi_{(0)})^2 + (I_{(0)}x^{//}_d\cos\varphi_{(0)})^2} \approx U_{(0)} + I_{(0)}x^{//}_d\sin\varphi_{(0)} \qquad (1.34)$$

мұнда $U_{(o)}$, $Ip_{(o)}$ және $\varphi_{(0)}$ кернеу, ток және К3 дейінгі кернеу мен ток векторлары арасындағы жылжу бұрышы.

Қоздырмай жұмыс істейтін синхронды электр қозғалтқыштары үшін,

$$E^{//} = \sqrt{(U_{(0)} - I_{(0)}\sin\varphi_{(0)})^2 + (I_{(0)}x_d^{//}\cos\varphi_{(0)})^2} \approx U_{(0)} - I_{(0)}x_d^{//}\sin\varphi_{(0)} \quad (1.35)$$

Асинхронды электр қозғалтқыштар үшін аса өтпелі ЭҚК (1.36) өрнегі бойынша анықталады, ал салыстырмалы аса өтпелі кедергі олардың номиналды жағдайлары кезінде, яғни базалық мәндер үшін номиналды кернеу мен ток мынадай формула бойынша қабылданған кезде анықталады

$$x»_{н.д.} = 1 / i_п \quad (1.36)$$

Аса өтпелі $E^{//}_*$ және $x^{//}_*$, электр қозғалтқыштарының орташа мәндері (номиналды жағдайларда салыстырмалы бірліктерде)

Сипаттамасы $E^{//}_*$; $x^{//}_*$

Турбогенератор < 100 МВт. . . ……... . . . . .1,08 0,125

Турбогенератор 100…500 МВт . . . . . ……. . . . .1,13 ……...0.2

тыныштандырғыш орамасы бар гидрогенератор. . . . . 1,13 .....0.2

тыныштандырғыш орамасыз гидрогенератор. 1,18 0,27

Синхронды компенсатор. . . . . …... . . .. 1,2 .....0.2

Синхронды электр қозғалтқышы .. .. …….. . .. . .1,1 ……...0.2

Асинхронды электр қозғалтқышы ... . ……. . . . . 0,9 ……..0.2

Жалпылама жүктеме . . . . . …….. . . . . 0,85 ……..0,35

Номиналдық қуатқа жатқызылған трансформаторлар мен автотрансформаторлардың кедергілері мынадай өрнектер бойынша анықталады: ыдырамаған НН орамасы бар екі орамды трансформатор

$$x_{*Н} = 0{,}01U_к \quad (1.37)$$

мұнда Uк - қысқа тұйықталу кернеуі, %;

ыдыраған НН орамасы бар екі орамды трансформатор (есептік сұлба және алмастыру сұлбасы 1.17 а, б суретінде келтірілген)

$$x_{*В.Н} = 0{,}01(U_{к.\ В\text{-}(Н1//Н2)} - 0{,}5U_{к.\ Н1\text{-}Н2}) \quad (1.38)$$

$$x_{*н1} = x_{*Н2} = 0{,}05\ U_{к\ Н1\text{-}Н2} \quad (1.39)$$

мұнда $U_{кВ\ -\ (н1\ \ 11\ \ н2)}$ - $S_{ТР.}$ н' трансформаторының толық қуатына жатқызылған, ажыратылған H_1 және H_2 орамдарының параллель жалғануы кезінде ВН және НН орамдарының арасындағы ҚТ кернеуі. N' %;

$U_{к.\ н1\text{-}н2}$ - $0{,}5S_{Р.}$ н-ге жатқызылған ажыратылған орамның H_1 және H_2 тарамдалған тармақтары кезінде К3 кернеуі. H_1 және H_2 $X_{*н}$ орамдарының параллель жұмысы кезінде Uк = $U_{К\ өрнегі\ бойынша\ анықталады\ .\ В\text{-}(Н1\ II\ Н2)}$ пайызбен көрсетілген;

Үш орамды трансформатор немесе автотрансформатор 1.17 в, е суретте көрсетілген.)

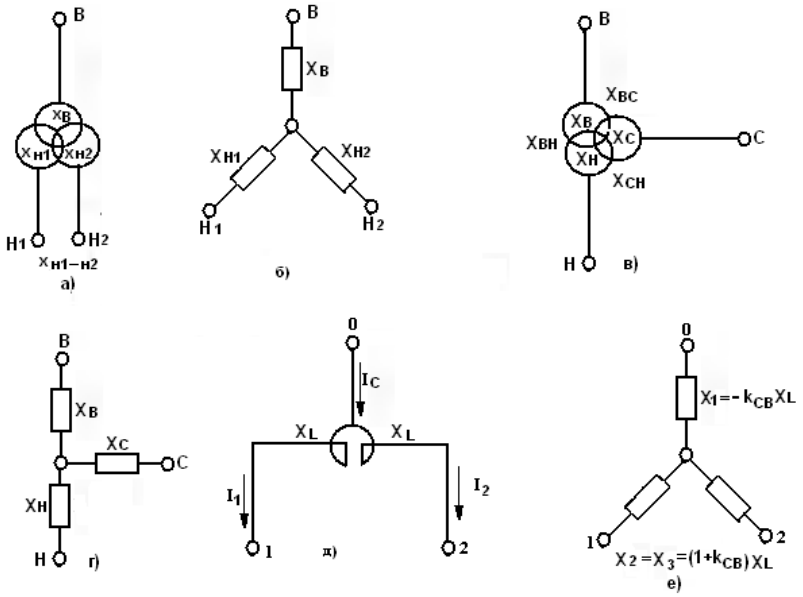
$$x_{*вн} = \frac{0{,}5}{100}(U_{квс} + U_{квн} - U_{ксн}) \quad (1.40)$$

$$x_{*сн} = \frac{0{,}5}{100}(U_{квс} + U_{ксн} - U_{квн}) \quad (1.41)$$

$$x_{*нн} = \frac{0,5}{100}(U_{ксн} + U_{квн} - U_{квс}) \qquad (1.42)$$

мұнда $U_{к.в.с}'$, $U_{к.в.н}$, $U_{к.с.н}$жоғары және орта, жоғары және төмен, орта және төмен кернеу орамдарының арасындағы ҚТ кернеуі, %.

Каталогтағы реакторлардың кедергісі атаулы бірліктерде (Ом) беріледі. Қосарлы реактордың есептік сұлбасы мен алмастыру сұлбасы 1.17, д, е суретінде келтірілген.



1.17-сурет - Екі орамды трансформатордың, үш орамды трансформатордың және қосарланған реактордың есептік сұлбалары (а, в, д) және алмастыру сұлбалары (б, г, е)

мұнда X_L реактор тармағының таралуының индуктивті кедергісі (басқа тармақта ток болмаған кезде);

$k_{св}$ - реактордың тармақтары арасындағы өзара индукцияны ескеретін байланыс коэффициенті;

I_c, I1, I_2 - сәйкесінше желінің және тармақтардағы тогы.

Желілердің реактивті кедергісінің орташа мәні [10]

Сипаттамасы	$X_л$ Ом / км
Бір тізбекті әуе кернеуі, кВ,	
6, 10.	0,35
35…220.,	0,4
Үш талшықты кабель, кВ,	
6, 10	0.08
20	0,1
35	0,12
Маймен толтырылған бір тармақты кабель	
110 кВ	0,18

Өлшемдерімен құбырдағы 610 кВ ток сымдары (құбыр диаметрі және қабырға қалыңдығы, мм)

140х10	0,165
210 Х 10	0,146
250Х10	0,131

1.6 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу тәсілдері

1.6.1 Кернеуі 1000 В жоғары желілердегі және қондырғылардағы ҚТ токтарын есептеу

Бастапқы уақыт сәтінде ҚТ токтың периодтық құраушысын есептеу үшін бастапқы уақыт сәтінде келесі операцияларды орындау қажет:

1) алмастыру сұлбасын түрлендіру және эквивалентті (нәтиже беретін) ЭҚК және кедергіні анықтау;

2) Ом заңы бойынша кернеудің негізгі сатысындағы токты анықтау;

3) қажет болған жерде сұлбаның барлық элементтерінде ҚТ токтарының ізделінетін мәнін анықтау.

Алмастыру сұлбасын түрлендіру және оны қарапайым түрге келтіру үшін сызықты электр тізбектерінің теориясынан белгілі есептік өрнектер қолданылады. Оларға кедергілердің тізбекті және параллельді қосылуы, жұлдызды үшбұрышқа және кері, көп сәулелі жұлдызды көпбұрышқа түрлендіру, бірнеше генерациялайтын тармақтарды жалпы торапқа қосылған, бір эквивалентті (1.6-кесте) әртүрлі ЭҚК-мен ауыстыру, сондай-ақ сұлба нүктелерін бірдей әлеуетпен біріктіру жатады.

Салыстырмалы бірліктердегі эквивалентті ЭҚК $E^{//}_{*э,б}$ немесе $E^{//}_{э}$ атаулы бірліктердегі (фазалық мән, В) және $X_{*э.\ б}$ сұлбасының эквивалентті кедергісінің салыстырмалы бірліктердегі немесе $X_э$ атаулы бірліктердегі, Ом табылған мәндері бойынша уақыттың бастапқы сәтінде ҚТ токтың периодтық құраушысының әсерлік мәнін анықтайды.:

салыстырмалы бірліктерде есептік кезінде

$$I_{п.о.} = \frac{E^{//}_{*э.б.}}{x_{*э.б.}} I_{б.} \qquad (1.43)$$

атаулы бірліктерде есептеу кезінде, кА,

$$I_{п.о.} = E^{//}_{э} / x_э \qquad (1.44)$$

Басқа элементтерде ток мәндері сұлбаны біртіндеп жаю және оны бастапқы түрге келтіру жолымен анықталады. Егер ҚТ орны асинхронды электрқозғалтқыштың аса өтпелі кедергісінен 20% аспайтын сыртқы кедергіден кейін болса, онда ҚТ сәтіндегі асинхронды электрқозғалтқыш тогының кезеңдік құраушысы

$$I_{п.о} = k_д\, i_п\, I_н \qquad (1.45)$$

мұнда $k_д$ - $k_д$ = 1,2 барлық қалған асинхронды электр қозғалтқыштар үшін ВДД және ДВДА және $к_д$= 1 типті қозғалтқыштар үшін қозғалтқыштардың коэффициенті.

ҚТ тогының апериодтық құраушысын анықтау. ҚТ токтың апериодтық құраушысын есептеу кезінде оның бастапқы мәні қабылданады

$$I_{a.o} = \sqrt{2}\, I_{п.o} \qquad (1.46)$$

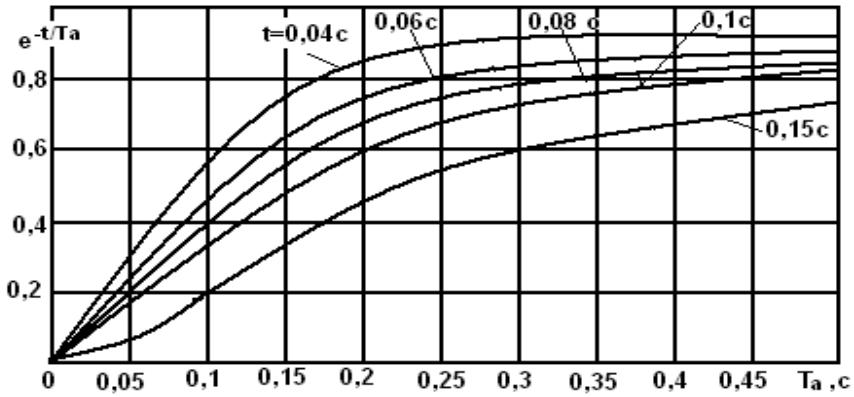
Т уақыт кезінде апериодтық құрауыштың мәні есептік сұлбаға байланысты болады. Бұл ретте барлық есептік сұлбаларды төрт негізгі түрге бөлуге болады:

1. Бір энергия көзін және тек тізбектей қосылған элементтерді қамтитын сұлба. Мұндай сұлба үшін t уақыт сәтіндегі апериодтық құраушы мынадай формула бойынша анықталады

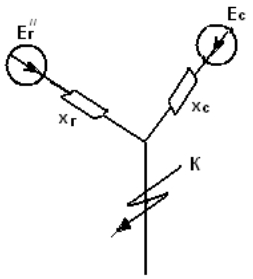
$$i_{a.t} = \sqrt{2}\, I_{п.o}\, e^{-t/Ta.} \qquad (1.47)$$

мұндағы

$$T_a = x_э / (\omega r_э) \qquad (1.48)$$



1.18-сурет - ҚТ тогының апериодтық құраушысының өшу коэффициентін анықтауға арналған қисықтар



1.19-сурет - ҚТ тогының апериодтық құраушысын және ҚТ (К нүктесі) кезінде энергия көзіне жақын соққы тогын анықтау үшін есептеу сұлбасы

Электр қозғалтқышының қосынды индуктивті және белсенді кедергілерін ҚТ $x_э$ және $r_э$ нүктесіне дейін анықтау кезінде синхронды электр қозғалтқышы кері тізбектегі индуктивті кедергімен (ринять x_2=1,22$x^{//}_d$

қабылдауға болады) және статордың белсенді кедергісімен алмастыру сұлбасына енгізіледі. ҚТ тогының апериодтық құраушысының өшу коэффициентінің мәні $e^{-t/T}$ 1.18-сурет бойынша табуға болады.

2. Бір энергия көзі бар тармақталған сұлба. Мұндай сұлба үшін.

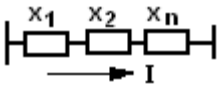
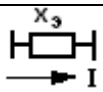
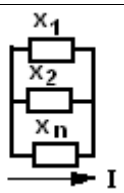
$$i_{a.\,t} = \sqrt{2}\, I_{п.о}\, e^{-t/Ta.\,э} \qquad (1.49)$$

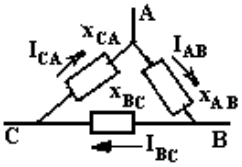
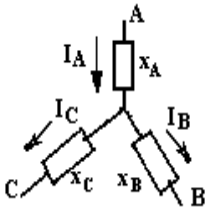
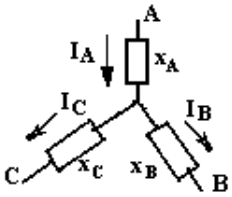
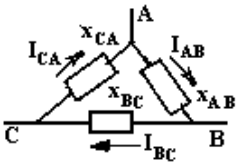
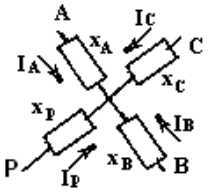
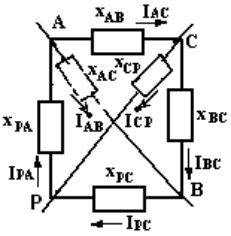
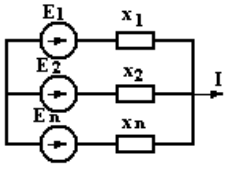
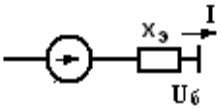
мұнда $T_{а.э}$ - (1.47) өрнегі бойынша анықталатын ҚТ тогының апериодтық құраушысының өшу уақытының эквивалентті тұрақты, мұнда $x_э$ және $r_э$оған тиісінше тек индуктивті және тек белсенді кедергілермен енгізілген ауыстыру сұлбасы бойынша болады.

3. ҚТ нүктесі энергия көздерінен едәуір алыстатылған бірнеше энергия көздері бар тармақталған сұлба (жоғары вольтты электр қозғалтқыштар мен синхронды компенсаторлар болмаған кезде қосалқы станциялардың төменгі кернеуінің жағында ҚТ, 220 кВ және одан төмен тұйықталған желілердің қабылдау ұштарында ҚТ және т. б.). Бұл жағдайда ҚТ тогының периодтық құраушысының қолданыстағы мәнін анықтау үшін ауыстыру сұлбасы қарапайым түрге түрлендіру жолымен келтіріледі, содан кейін табылған $I_{п.о}$ и $T_{а.э}$ үшін жоғарыда келтірілген формулалар бойынша $i_{a.t.}$ мәнін анықтайды.

4. ҚТ нүктесі энергия көздеріне жақын орналасқан бірнеше энергия көздері бар тармақталған сұлба. Бұл жағдайда ҚТ тогының периодтық құраушысының қолданыстағы мәнін анықтау үшін алмастыру сұлбасы ҚТ нүктесі (генераторлар, синхронды компенсаторлар, жоғары вольтты электр қозғалтқыштар) жақын орналасқан энергия көздері $x_г$ және ЭҚК E''_cэквивалентті кедергісі бар жеке тармақ, ал барлық қалған энергия көздері және эквивалентті кедергісі бар басқа тармаққа кедергі келтірілетіндей болып өзгертіледі.

1.6-кесте - Түрлендіру және алмастыру сұлбасын қарапайым түрге келтіру үшін есептік өрнектер

Жасалатын түрлендіру	Сұлбалар		Түрлендіргіш сұлба элементтерінің кедергісі	Ток түрлендірілгенге дейін сұлбада бөлу
	түрлендірілгенге дейін	түрлендіруден кейін		
Тізбекті қосылым			$x_э = x_1 + x_2 + \ldots x_n$	$I_1 = I_2 = \ldots = I_n = I$
Параллель қосылым			$x_э = \frac{1}{\frac{1}{x_1}+\frac{1}{x_2}+\cdots+\frac{1}{x_n}}$	$I_n = \frac{x_э}{x_n} I$

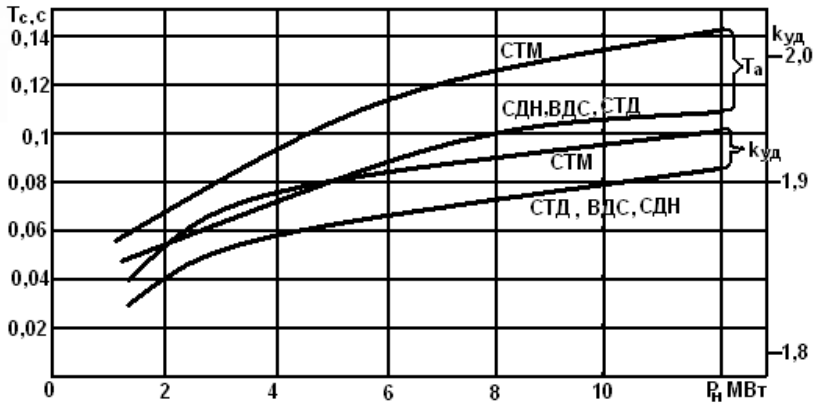
Жасалатын түрлендіру	Сұлбалар		Түрлендіргіш сұлба элементтерінің кедергісі	Ток түрлендірілгенге дейін сұлбада бөлу
	түрлендірілгенге дейін	түрлендіруденкейін		
Үшбұрышты жұлдызға түрлендіру			$x_A=\frac{x_{AB}x_{AC}}{x_{AB}+x_{BC}+x_{CA}}$ $x_B=\frac{x_{AB}x_{BC}}{x_{AB}+x_{BC}+x_{CA}}$ $x_C=\frac{x_{AC}x_{BC}}{x_{AB}+x_{BC}+x_{CA}}$	$I_{BC}=\frac{I_C x_C-I_A x_A}{x_{CA}}$ $I_{AB}=\frac{I_A x_A-I_B x_{AB}}{x_{AB}}$ $I_{CA}=\frac{I_B x_B-I_C x_C}{x_{BC}}$
Жұлдызды үшбұрышқа түрлендіру			$X_{AC}=x_A+x_C+\frac{x_A x_C}{x_B}$ $x_{AB}=x_A+x_B+\frac{x_A x_B}{x_C}$ $x_{BC}=x_C+x_B+\frac{x_B x_C}{x_A}$	$I_A=I_{AB}-I_{CA}$ $I_B=I_{BA}-I_{BC}$ $I_C=I_{CB}-I_{AC}$
Көп сәулелі жұлдызды диагональдары бар көпбұрышқа түрлендіру			$x_{AC}=x_A x_C \sum Y$ $x_{CB}=x_C x_B \sum Y$ …… …… $\sum Y=Y_1+Y_2+Y_3+Y_4=\frac{1}{x_{1A}}+\frac{1}{x_B}+\frac{1}{x_C}+\frac{1}{x_P}$	$I_A=I_{AC}+I_{AB}-I_{PA}$ $I_C=I_{CP}+I_{CB}-I_{AB}$ …… …… ……
Бірнеше көздерді баламалы түрде ауыстыру			$E_э=\frac{1}{Y_э}\sum_{k=1}^{n} Y_э E_к$ $Y_1=\frac{1}{x_1}$; $Y_2=\frac{1}{x_2}$; $Y_n=\frac{1}{x_n}$; $x_э=\frac{1}{Y_э}$	$I_п=\frac{E_n-U_P}{x_n}$

x_O және ЭҚК E_C (1.19-сурет). Т уақыт сәтіндегі ҚТ токтың апериодтық құраушысының мәнін өрнектеу бойынша анықтауға болады

$$i_{a.\,t}=\sqrt{2}\,(I_{г.о}\,e^{-t/Ta.\,г}+\sqrt{2}\,I_{с.о}\,e^{-t/Ta.\,с} \qquad (1.50)$$

мұнда $I_{г.о}$ и $I_{с.о}$ - $x_г$ және $x_с$ кедергісі бар тармақтар бойынша тиісінше ағымдағы ҚТ сәтіндегі токтың периодтық құраушысының әсерлік мәндері;

$T_{а.г}$ және $T_{а.о}$ - сол тарамдағы ҚТ тогының апериодты құраушысының өшуінің тұрақты уақытына баламалы



1.20-сурет - $T_а$ өшуінің тұрақты уақытын және синхронды генератордың
$к_{уд}$ соққы коэффициентін анықтауға арналған қисықтар

Токтың $I_з$апериодтық құраушысының және электр жүйесінің сипатты элементтері үшін соққы коэффициентінің өшуінің тұрақты уақытының орташа мәні

Электр жүйесінің элементі немесе бөлігі $T_{а.с}$ $k_{уд.}$

Қуаты 60 МВт дейінгі турбогенератор. . . . . 0,16 - 0,25 1,94 - 1,955

қуаты 100 1000 МВт дейін . . . ……....0,4 - 0,54 1,975 -1,98

Қуаты 60 МВт дейін турбогенератор блогы-трансформатор;

турбогенератордың номиналды кернеуі

6,3 кВ .. . . . . ……...0,2 1,95

10,5 кВ. . .. . ……0, 15 1,935

Қуаты 100 ... 200 МВт турбогенератор блогы

трансформатор. . . . . ……..... 0,26 1,965

Қуаты 300 ... 800 МВт турбогенератор блогы

трансформатор. . .. . ……...0,3-0,35 1, 9б7-I,983

Қосалқы станция әуе желілерімен байланысты жүйе

кернеуі 35 ...220 кВ. . . . . .. 0,02...0,03 1,6-1,717

Қуаты трансформаторлар арқылы 6, 10 кВ жиналмалы шиналармен байланысты жүйе (бірлікте);

>80МВА . ... … . .. . ….0,06 - 0,15 1,85 - 1,935

32 80 МВ А . . . .. … .. .. … .. .. .0,05 - 0,1 1,82 - 1,9

Номиналды тогы бар реактормен қорғалатын қосылыстар

- < 1000 А 0.23 1,956

- > 630 А. 0,1 1,904

Кернеуі 6, 10 кВ тарату желілері. 0,01 1,37

Электр қозғалтқышы тогының апериодтық құраушысының өшуінің тұрақты уақыты ҚТ кезінде оның шығыстарында СТМ, СДН, ВДС, қисық бойынша СТД типті синхронды электр қозғалтқыштары үшін (1.20 сурет), ал асинхронды электр қозғалтқыштары үшін 1.7-кесте бойынша нақты деректер болмаған жағдайда анықталуы мүмкін.

ҚТ кезінде асинхронды электр қозғалтқыштардың шығуында тұрақты өшу уақытының және соққы коэффициенттерінің мәндері.

1.7-кесте - ҚТ кезінде асинхронды электр қозғалтқыштардың шығуында тұрақты өшу уақытының және соққы коэффициенттерінің мәндері

Параметрлері	А	АО	ДАЗО	АТД	АТМ	ВДД, ДВДА	ДАМСО
$T^{/}_{р.д.}$с	0,04	0,04	0,09	$0,06/s_H^*$	0,075	0,06	0,044
$T_{а.}$ с	0,04	0,04	0,02	0,058	0,043	0,05	0,035
$k_{уд}$	1,56	1,49	1,5	-	1,67	1,66	1,55

$^*s_H$ - номиналды сырғу, %

ҚТ токтарының есептерінде ҚТ соққы тогы ҚТ пайда болған сәттен кейін 0,01 с кейін орын алады. Бір энергия көзі бар тізбектелген элементтерден тұратын сұлбада ҚТ соққы тогы өрнегі бойынша анықталады

$$i_{уд}=\sqrt{2}I_{п.о} \qquad (1.51)$$

Синхронды электр қозғалтқыштар үшін сұлбада тек тізбектей қосылған элементтер болған кезде $k_{уд}$ соққы коэффициенті өрнегі бойынша анықталады

$$k_{уд}=1+e^{-0,01/Та} \qquad (1.52)$$

Асинхронды электр қозғалтқыштар үшін

$$k_{уд}=1+e^{-0,01/Тр}+e^{-0,01/Та} \qquad (1.53)$$

мұнда Т - ҚТ кезіндегі асинхронды электр қозғалтқышының периодтық құраушысының өшу уақытының есептік тұрақтысы, с:

$$T^{/}р=T^{/}_{р.д.}(1+\frac{x_{*ВН}}{x^{//}_{*н.д.}}) \qquad (1.54)$$

мұндағы $T^{/}_{р.\ д}$- асинхронды электрқозғалтқыштың периодтық құраушысының өшу уақытының есептік тұрақты уақыты, с: $X^*_{ВН}$ ҚТ нүктесіне дейінгі индуктивті сыртқы кедергі [7].

1.7 Кернеу шығыны бойынша электр желілерін есептеу әдістемесі

Күштік желілер үшін ЭОҚ-қа сәйкес кернеудің номиналдан ауытқуы ± 5% Uн аспауы тиіс. Өнеркәсіптік кәсіпорындар мен қоғамдық ғимараттардың жарықтандыру желілері үшін кернеудің +5-тен -2,5% Uн-ге дейін ауытқуына, тұрғын үй ғимараттары мен сыртқы жарықтандыру желілері үшін ±5% Uн

рұқсат етіледі. Бұл талаптар асинхронды электр қозғалтқыштардың айналмалы моментінің шамасы жүргізілген кернеудің квадратына пропорционал және оның азаюы механизмдердің іске қосылуын қамтамасыз етпеуі мүмкін, жарықтандыру желілерінде кернеудің төмендеуі жарық ағынының күрт төмендеуіне әкеледі.

Цехтық желіні рұқсат етілген кернеу шығыны шарттары бойынша есептеу және кернеу ауытқуының эпюраларын құру желілердің тізбектері үшін БТҚС немесе ОТП шиналарынан цехтық ТҚС-дан ең алыс бір қысқыштарға дейін немесе ең қуатты ЭЖ ең жоғары және ең аз жүктеме режимдері үшін орындалады (жүктемелердің тәуліктік кестесінен анықталады), ал екі трансформаторлық қосалқы станция жағдайында-апаттан кейін орындалады.

Активті және индуктивті кедергілерге ие 1 кВ-қа дейінгі кернеулі айнымалы ток желілерін есептеу ерекшеліктерін қарастырайық. 1.21-суретте екі индуктивті жүктемемен i_1, i_2 үшфазалы желінің бір сымы үшін векторлық диаграмма келтірілген. I_1 желісінің бірінші учаскесінің есептік тогы- i_1 және i_2 жүктеме токтарының геометриялық қосындысы, екінші учаскесінің есептік тогы $I_2 = i_2$. Векторлардың бағыты фазалардың жылжу бұрышын, кернеуді анықтайды, соның негізінде сәйкесінше, Δавс және Δcde екінші және бірінші бөліктеріндегі кернеудің түсу үшбұрыштары құрылады. Ас және се векторлары екінші және бірінші учаскеде кернеудің төмендеуі деп аталады - бұл учаскенің басы мен соңында кернеудің геометриялық айырмашылығы. Ad және cq кесінділері - желі учаскесінің басында және соңында кернеулер арасындағы алгебралық айырма, тиісінше екінші және бірінші, мұнда

$$\Delta U_{\phi} = ad + cq \qquad (1.55)$$

мұндағы ΔU_{ϕ} - желінің екі учаскесіндегі кернеудің шығындалуы немесе кернеудің төмендеуінің бойлық құраушысы;

δU_{ϕ} - кернеудің көлденең құраушысы.

Ad және cq мәндерін орнатқаннан кейін, мынаны аламыз

$$\Delta U_{\phi} = I_2\, r_2 cos\varphi_2 + I_2\, x_2 sin_2 + I_2\, r_1 cos\varphi_1 + I_1\, x_1 sin_1 \qquad (1.56)$$

мұнда I_1 және I_2 - желі учаскелерінің токтары.

Желілік және фазалық кернеулердің арасындағы қатынасты ескере отырып, желі учаскелерінің кез келген саны үшін мынаны аламыз

$$\Delta U = \sqrt{3}\Delta U_{\phi} = \sqrt{3}\sum_{1-n}^{n}(I_1 r_1 cos\varphi_1 + I_1 x_1 cos\varphi_1) \qquad (1.57)$$

Егер кернеу шығыны есебі желі учаскелерінің токтары бойынша емес (I_1, I_2, ... Ii), ЭЖ жүктеме токтары бойынша жүргізілсе (I_1, I_1, ... Ii), онда біз

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3}\cdot 100}{U_n}\cdot (r_0 cos_{\varphi} + x_0 sin_{\varphi})\sum_{i=l}^{n} i_i I_i \qquad (1.58)$$

Ro және xo сымдар мен кабельдердің қимасына тәуелділігін қарастырайық (1.21-сурет). 1.21 суреттен сымдар мен кабельдердің қималары үшін 25 мм^2 дейін (қисық 1) ең үлкен мәні белсенді кедергі болатыны көрініп тұр. Болат құбырларда салынған сымдар мен кабельдер үшін (қисық 2) ro-

мен салыстырғанда аз (0,07 Ом/км) және іс жүзінде қимаға байланысты емес. Ашық салынған сымдар үшін (қисық 3), хо = 0,25 Ом/км.

Осылайша, X = хо · I сымдар мен кабельдердің қимасында 25 мм^2 кем емес, 25 < S ≤ 70 мм^2 болғанда есепке алу керек , X есебі x/r арақатынасына байланысты, S > 70 мм^2 X үшін үнемі есепке алынады.

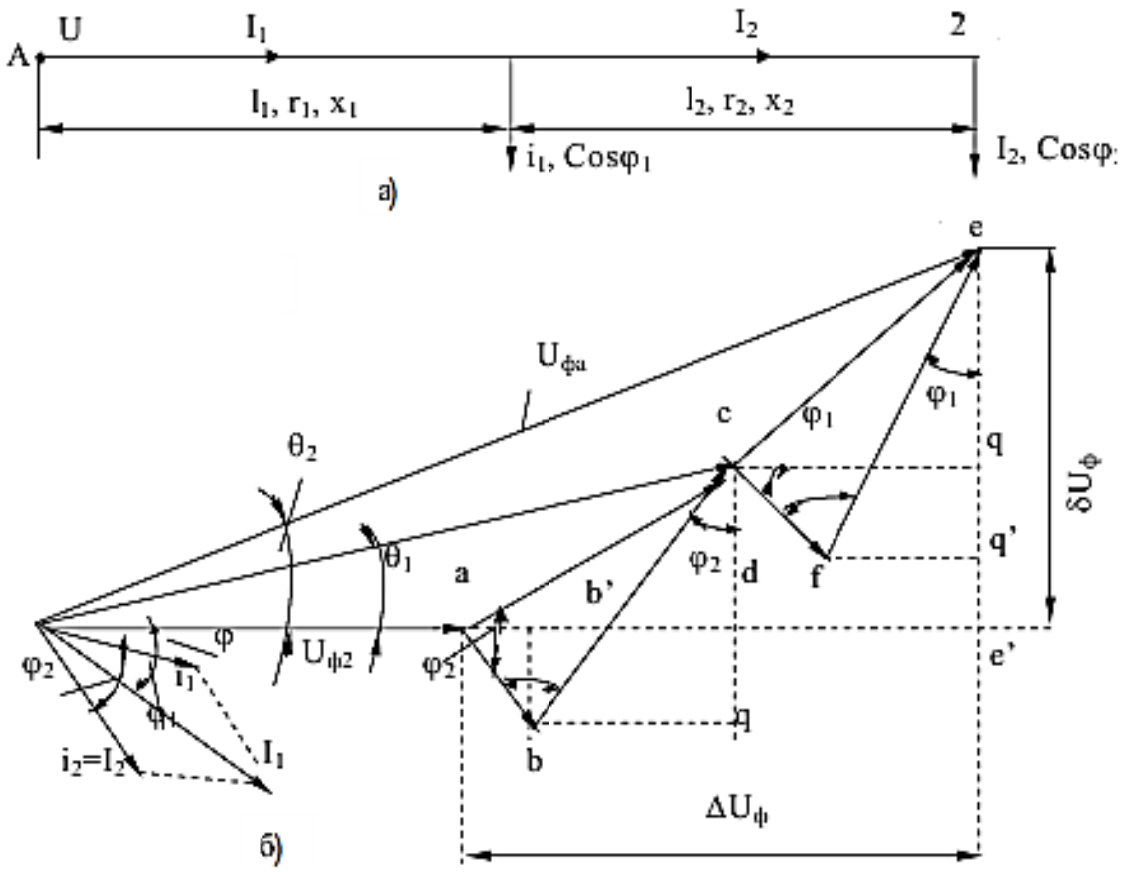
Сымдар мен кабельдердің белсенді кедергісі анықтамалық әдебиет немесе өрнек бойынша анықталады

$$r_0 = \frac{1000}{y \cdot s} [Ом/км] \qquad (1.59)$$

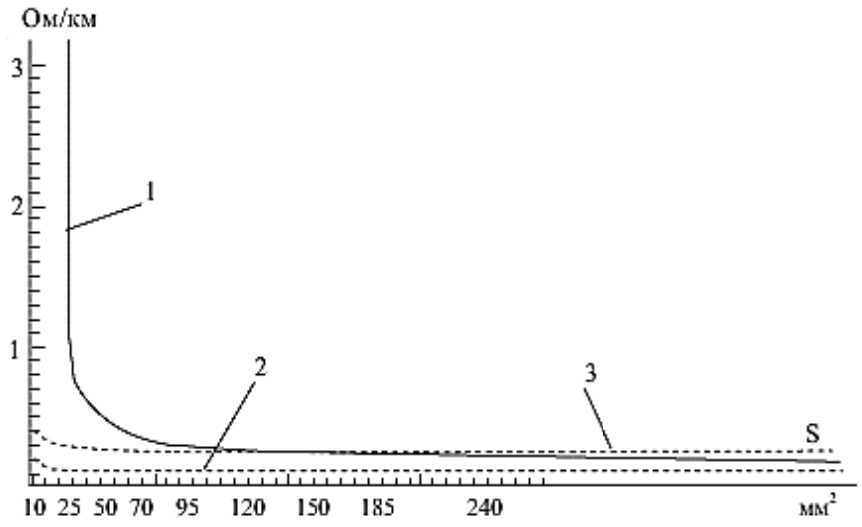
мұнда γ [м / Ом·мм^2] - меншікті өткізгіштігі (алюминий үшін γ = 32, мыс үшін γ = 53);

s - өткізгіш фазасының қимасы [мм^2].

1 км кабель желісінің индуктивтік кедергісі немесе құбырға салынған сым Uн <1 кВ кезінде 0,06-0,07 Ом/км тең және Uн >1 кВ кезінде 0,08 Ом/км жақын қабылданады.



1.21 сурет - Екі жүктемемен үш фазалы ток сызығының (а) және векторлық диаграммасы (б)



1.22-сурет - Сымдардың және кабельдердің меншікті активті r_0 және индуктивті x_0 кедергілерінің олардың қимасынан тәуелділігі: 1 - r_0 =f (s) сымдар мен кабельдер үшін; 2 - x_0 =f (s) болат құбырларда салынған сымдар мен кабельдер үшін; 3-x_0 =f (s) ашық салынған сымдар үшін

ΔUф кернеуінің көлденең құраушысы тек Uн ≥ 35кВ желілері үшін есептеледі, Uн <35кВ δUф, <Δuф және біздің есептеулерде ол ескерілмейді. (1.22-сурет) сұлбасы үшін келесі өрнектің әділдігін дәлелдеу қиын емес (1.60),

$$\Delta U\% = \frac{100}{U_м^2} \cdot \sum_{1-i}^{n} (P_i\, r_i + Q_1 x_1) \qquad (1.60)$$

мұндағы Pi, Qi-сәйкесінше желі учаскесінің есептік активті және реактивті жүктемелері.

Есептеу тізбегі БТҚС-ның (ОТП) - қашықтағы ЭҮ бар цехтық ТП, сондықтан трансформатордағы ΔU_T кернеу шығыны есебін орындау қажет, атап айтқанда:

$$\Delta Ur = \beta_T \cdot (U_\Delta cos\varphi_2 + U_P sin\varphi_2) + \frac{\beta_T^2}{200} . (U_a sin\varphi_2 - U_p cos\varphi_2) \qquad (1.61)$$

мұндағы β_T - қарастырылып отырған жұмыс режиміндегі бір трансформатордың номиналды қуатына нақты жүктеменің қатынасы;

Ua, Up - ҚТ кернеуінің активті және реактивті құрауыштары, Uк%, тең

$$U_a\% = \frac{\Delta P_{кз}}{S_{нT}} \cdot 100 \qquad (1.62)$$

$$U_P\% = \sqrt{(U_K\%)^2 - (U_a\%)^2} \qquad (1.63)$$

мұнда φ_2 және sin φ_2- трансформатордың жүктемесі бойынша қуат коэффициенттері

(өтемдік құрылғыларды орнатуды ескере отырып);

ΔPкз - шығындар қысқа тұйықталу (ҚТ) транс форматор, кВт.

Желінің кез келген нүктесінде кернеудің ауытқуы (Uн-дан)

$$V = V_{цR}\,\% + \delta U_T\% - \sum \Delta U\% \qquad (1.64)$$

мұндағы $V_{цR}$ - желінің ең төменгі жүктемелері режимінде +5% Uн және Uн тең қоректену ортасындағы кернеудің ауытқуы;

δU_T - цехтық трансформаторымен құрылатын «қоспа», (1.8-кесте);

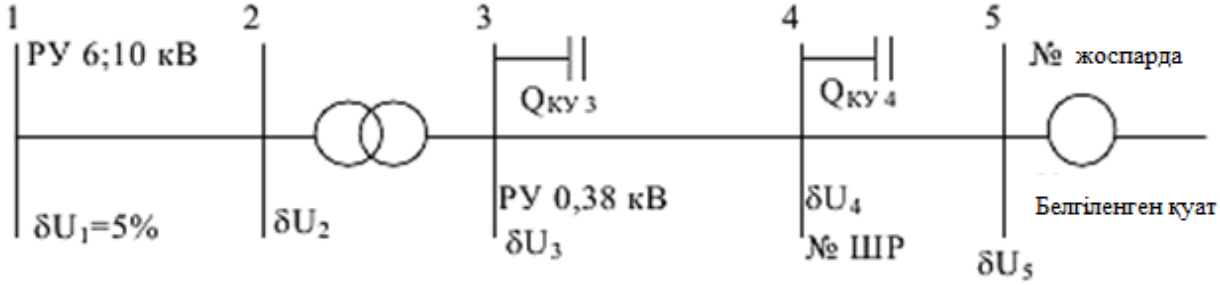
ΔU - қоректену орталығынан (БТҚС) бастап желінің қандай да бір нүктесіне дейінгі кернеу шығынының қосындысы.

Трансформатор кернеуінің «қоспасы» деп трансформатордың екінші орамына арналған Uн-тен ауытқуын атайды, бірінші орамда тиісті тармақ. «Үстемелер» мәні трансформатордың бастапқы орамасының орамдары санының өзгеруімен, яғни трансформация коэффициентінің өзгеруімен реттеледі.

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot W_2}{W_1} \qquad (1.65)$$

1.8-кесте – Күш трансформаторының тармақтарын ауыстырып қосу

Тармақталған	- шамамен	- дәл
+5	0	0,25
+2,5	2,5	
0	5,0	5,25
-2,5	7,5	
-5,0	10	10,8



1.23-сурет - Желінің әр түрлі нүктелерінде кернеудің ауытқуы

1.9-кесте - Желінің әр түрлі нүктелерінде кернеудің ауытқуын есептеу

Учаскені белгілеу	1-2	2-3	3-4	4-5
Кабель маркасы сым қимасы мм² ұзындығы, м	ААБ 3х50 150	Sнт=1000кВА Uк=5,5% ΔРкз= 12,2 кВТ	АНРГ 3х95 + 1х50 50	
Қарсылық: белсенді реактивті	$r_{12}=r_{012}\cdot I_{12}$ $x_{12}=x_{012}\cdot I_{12}$	Ua= Up=	$r_{34}=r_{034}\cdot I_{34}$ $x_{34}=x_{034}\cdot I_{34}$	$r_{45}=r_{045}\cdot I45$ $x_{45}=x045\cdot I_{45}$
Режимдердегі жүктеме: апаттан кейінгі ең жоғарғы ең төменгі	$S_{12}=P_{12}+j(Q_{12}-Qку_3)$	$P_{23} + J(Q_3-Qку_3)$	$P_{34} + J(Q_{34} - Qку_4)$	$P_{45} + J\,Q_{45}$

Кернеу шығыны, % апаттан кейін ең жоғарғы ең төменгі	$\Delta U_{12}=$ $\Delta U_{12}=$ $\Delta U_{12}=$	$\Delta U_{23}=$ $\Delta U_{23}=$ $\Delta U_{23}=$	$\Delta U_{34}=$ $\Delta U_{34}=$ $\Delta U_{34}=$	$\Delta U_{45}=$ $\Delta U_{45}=$ $\Delta U_{45}=$
ΔU кернеудің ауытқуы,% апаттан кейінгі ең жоғарғы ең төменгі	$\delta U_1=5$ $\delta U_1=0$ $\delta U_1=5\text{-}10$	$\delta U_2=\delta U_1=\Delta U_{12}$	$\delta U_3=\delta U_2=\Delta U_{23}$	$\delta U_4=\delta U_3-\Delta U_{34}$ $\delta U_5=\delta U_4-\Delta U_{45}$

Ескерту: Qку4 - ШР қосылған КУ қуаты, Qку3 - осы ТҚС 0,4 кВ желісінде орнатылған КУ қуаты.

Ол үшін цех трансформаторларында 3-тен 5-ке дейінгі тармақталулар бар, олар қажет болған жағдайда трансформатор өшірулі болған кезде ауыстырып қосылады. Тармақталуына байланысты δU_T мәндері 1.9-кесте бойынша қабылданады.

«Қоспалардың» қажетті көлемін мына арақатынастан таңдауға болады:

$$\delta U_T = V_{Tдоп} + \left(\Delta U_{цп} + \Delta U_{тп}\right) - V_{цп} \qquad (1.66)$$

мұнда$U_{цп\text{-}тп}$ - ТҚС-ға дейінгі учаскедегі кернеу шығындары;

U_t-трансформатордағы кернеу шығыны;

$V_{цп}$ - ЦП кернеуінің ауытқуы;

$V_{Tдоп}$ - өрнектен анықталатын цех трансформаторларының кернеуінің рұқсат етілген ауытқуы

$$V_{Tдоп} = V_{\ жақын\ эп} + \Delta U_{тп-жақын\ эп} \qquad (1.67)$$

мұнда $v_{жақын\ эп\ \cdot тп}$- ТҚС ЭП-ға жақын жердегі кернеудің рұқсат етілген ауытқуларының жоғарғы шегі;

$\Delta U_{тп\text{-}жақын\ эп}$ - жоғалту кернеу ТҚС-дан ең жақын орналасқан ТҚС ЭҮ.

Тізбектің әрбір учаскесінде кернеудің ауытқуларын анықтау бойынша барлық есептер: ЦП - желі жұмысының барлық (екі, үш) режимдері үшін алыстатылған (қуатты) ЭЖ көрсетілген тізбек үшін кернеу ауытқуының эпюралары салынатын кестеге жинақталады (1.9-кестені қараңыз). Егер бұл ретте ΔU% алыстағы ЭЖ рұқсат етілгеннен артық болса, өткізгіштердің қимасын арттыру қажет.

1.8 Жерге тұйықтау құрылғыларын есептеу әдістемесі және оларды орындау

Қызмет көрсетуші қызметкерлердің жанасу кернеуімен және қадамдық кернеумен зақымдануынан қауіпсіз жұмыс жағдайын қамтамасыз ету үшін кернеуде қалыпты емес жағдайда тұрған, бірақ оқшаулама зақымданған кезде жазатайым жағдай тудыруы мүмкін электр жабдықтардың барлық бөліктерін жерге сенімді тұйықтау қажет.

Жерге тұйықтау құрылғысы жерге тұйықтағыштар мен жерге тұйықтау өткізгіштерден тұрады. Жерге тұйықтағыш – бұл жерге тікелей жанасатын металл өткізгіш (құбыр, бұрыш) немесе өткізгіштердің тобы. Жерге тұйықтау өткізгіштері (металл кесіндісі, дөңгелек прокат) жерге тұйықтағыштарды өзара жалғау және оларды жабдықтың жерге тұйықтау бөлшектерімен жалғау үшін қызмет етеді.

Жерге тұйықтағыштар ретінде жиі ұзындығы 2-3 м, диаметрі 35-50 мм, қабырғасының қалыңдығы 4 мм кем емес тік соғылған құбырлар немесе қабырғасының қалыңдығы 5 мм кем емес 50х50, 35х50 бұрыштары қолданылады. 0,5-0,7 м тереңдікте топыраққа енгізілген құбырлар (бұрыштар) электрдоғалы дәнекерлеу арқылы болат кесіндісімен жалғанады. Жерде төсеу кезінде болат кесіндінің ең аз рұқсат етілетін қимасы 48 мм2 болуы тиіс.

Жерге тұйықтау құрылғылары орындалады:

1) тікелей жерлендірілген бейтараптама және тиімді жерлендірілген бейтарабы бар 1000 В жоғары жүйелер үшін жерге тұйықтау құрылғыларын табиғи жерге тұйықтау кедергісін қоса алғанда, 0,5 Ом кем болмайтын Rз кедергісіне немесе жанасу кернеуіне қойылатын талаптарды сақтай отырып, сондай-ақ жерге тұйықтау құрылғысында жерлендіруді құрастырымдық орындауға қойылатын талаптарды сақтай отырып орындау қажет;

2) оқшауланған бейтарабы бар 1000 В жоғары электр қондырғыларында жерге тұйықтау құрылғысының кедергісі артық болмауы тиіс:

кернеуі 1000 В дейінгі электр қондырғылары үшін бір мезгілде жерге тұйықтау құрылғысын пайдаланған кезде:

$$R_з = \frac{125}{I_з} \tag{1.68}$$

мұнда $I_з$ - жерге тұйықталудың есептік тогы, А

кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғылары үшін жерге тұйықтау құрылғысын пайдаланған кезде:

$$R_з = \frac{250}{I_з} \tag{1.69}$$

алайда 10 Ом артық болмауы тиіс.

Жерге тұйықтауды орындау үшін табиғи және жасанды жерге тұйықтағыштар қолданылады.

Табиғи жерге тұйықтағыштар ретінде су жүргізетін құбырлар, жерге төселген металл құбырлар (жанғыш сұйықтықтар мен газдардың құбыр желісін қоспағанда), ұңғымалардың қаптама құбырлары, жерге тұйықтау құрылғысы найзағайдан қорғайтын арқандармен жалғанған әуе желілері тіректерінің жерге тұйықтағыштары, рельс арасындағы бөгеттер болған кездегі рельсті кірме жолдар пайдаланылады. Табиғи жерге тұйықтағыштар жерге тұйықтағыштардың магистральдарымен әр түрлі нүктелерде кемінде екі өткізгішпен байланыстырылуы тиіс.

Жасанды жерге тұйықтағыштардың саны жерге тұйықтау құрылғысының қажетті кедергісіне немесе жанасудың рұқсат етілген кернеуіне байланысты есептеумен анықталады.

Жерге қатысты жерге тұйықтағыштың кедергісі негізінен топырақтың кедергісімен, жерге тұйықтағыштың өлшемімен және түрімен, оның топыраққа орналасу тереңдігімен анықталады. Жерге тұйықтағыштың кедергісін есептеуге арналған формулалар 1.10-кестеде келтірілген.

Топырақтың есептік меншікті кедергісі ($\rho_{расч}$) мына формула бойынша анықталады:

$$\rho_{расч.} = k_{\max} \cdot \rho \qquad (1.70)$$

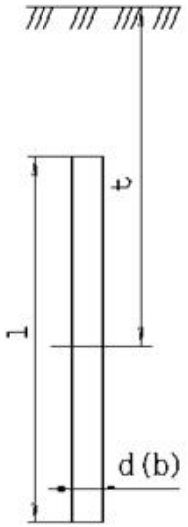
мұнда k_{max} – жергілікті жердің климаттық жағдайларына тәуелді жоғарылатқыш коэффициент;

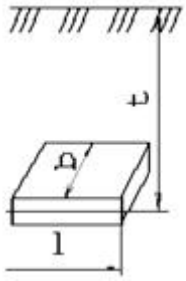
ρ – 10-20% ылғалдылықта топырақтың эквивалентті меншікті кедергісі.

Шыңының орналасу тереңдігі 0,5 - 0,8 м ұзындығы 2 - 3 м электродтар үшін kmax = 1,2 - 2, ал тереңдігі 0,8 м-ден аспайтын жерде көлденең жатқан тілмелер мен дөңгелек ұзартылған электродтар үшін (тасты жерге тән жағдай) kmax = 1,5-7. Жоғарылатқыш коэффициенттің физикалық мәні ең қолайсыз жағдайларда талап етілетін кедергінің шамасын қамтамасыз ету болып табылады. Мысалы, жердің меншікті кедергісі қыста топырақтың қатуы кезінде және жаздың ыстық айларында ылғалдылықтың азаюы кезінде артады.

Жердің эквивалентті меншікті кедергісі 1.11-кестеде келтірілген.

1.10 – кесте. Жерге қатысты жерге тұйықтағыштың кедергісі

Электрод пішіні және оның өлшемдері, см	Электродтың орналасуы	Жерге тұйықтау кедергісі, Ом
Ұзындығы l және диаметрі d құбыр		$R_{гр} = \frac{0{,}365 \cdot \rho_{расч}}{l} \cdot \left[\lg \frac{2l}{d} - 0{,}5 \cdot \lg \frac{4t - l}{4t - l} \right]$

Ұзындығы l және ені b тілме		$R_{тол} = \frac{0{,}366 \cdot \rho_{расч}}{l} \cdot \lg \frac{2l^2}{b \cdot t}$

1.11 – кесте. Жердің эквивалентті меншікті кедергісі

Жер қабаты	ρ , Ом·см
Құм	$7 \cdot 10^4$
Өзен құмы	$3 \cdot 10^4$
Саздақ	$2 \cdot 10^4$
Балшық	$1 \cdot 10^4$
Әк пен қиыршық тас араласқан балшық	$1{,}5 \cdot 10^4$
Бақша жері	$0{,}4 \cdot 10^4$
Қара топырақ	$2 \cdot 10^4$
Сары топырақ	$3 \cdot 10^4$
Гранит, әктас, құм тас	$1 \cdot 10^7$

Жоғары меншікті электр кедергісі бар топырақты жерді ас тұзымен өңдеу орынды болып табылады. Жерді өңдеу электродтар үшін қазаншұңқырды бір мезгілде мол су құя отырып, кезекпен топырақ қабаттарымен және тұз қабаттарымен толтыру арқылы орындалады. Уақыт өте келе тұзбен өңделген топырақ құрамындағы тұздың еруінен өз сапасын жоғалтады, сондықтан, қайта өңдеу қажет болады, әсіресе найзағайлы маусым алдында.

1.9 Өткізгіш өнімнің рұқсат етілген қыздыру және токтың экономикалық тығыздығы бойынша қимасын есептеу

Электр желілерінің қимасы қалыпты жұмыс тәртібінде кез-келген жүктемеде қызып кетпейтіндей, ондағы кернеу шығыны белгіленген шектен артып кетпейтіндей, ал ток тығыздығы экономикалық тығыздыққа сай болуы тиіс.

Кернеуі 1000 В төмен сымдар мен кабельдердің қимасын қыздыру шарты бойынша екі қатынастан тұратын төсемнің қалыпты жағдайы кезінде ұзақ рұқсат етілген ток жүктемесінің есептік мәніне байланысты кестелерден анықтайды:

а) ұзақ есептік токпен қыздыру шарты бойынша

$I_{норм.доп.пров.} \geq I_{дл}\, К_п К_т$;

б) таңдалған аппаратқа ең жоғары ток қорғанысының сәйкестік шарты бойынша

$I_{норм.доп.пров.} \geq К_з\, I_{защ} К_п$,

мұнда $К_п$ – құбырларда, қораптарда сымдар мен кабельдерді параллель төсеу кезінде сымдар мен кабельдер үшін рұқсат етілген ток жүктемесін төмендетуді ескеретін өткізгіштерді төсеу шарттарына түзету коэффициенті;

$К_т$ – егер ауа температурасы 25^0С-тан, ал жердегі температура 15^0С-тан өзгеше болса, температуралық түзету коэффициенті. Қалыпты жағдайларда Кт = 1; Кз-қорғау коэффициенті немесе қорғау еселігі, яғни

яғни, қатынасы $I_{норм.доп.пров}/I_{н\ апп.}$ немесе $I_{сраб.апп}$.

Желілерді балқымалы ендірмелері бар сақтандырғыштармен қорғау кезінде:

$к_з$ =1,25 – жарылыс және өрт қауіпті үй-жайлар, сауда үй-жайлары үшін;

$к_з$=1 – өнеркәсіптік кәсіпорындардың жарылыс және өрт қаупі жоқ үй - жайлары үшін.

$к_з$ =0,33 – асқын жүктемеден қорғауды талап етпейтін желілер үшін.

Желілерді автоматты ажыратқыштармен қорғау кезінде:

- тек жедел ажыратқышпен: $К_з$ = 1,25; 1; 0,22;
- реттелмейтін кері тәуелді сипаттамасымен: Кв = 1,0; 1,0; 1,0;
- реттелетін мінездемемен: Кз = 1,0; 1,0; 0,66.

Қалыпты төсеу жағдайы кезінде Кпопр = 1. Сонда

$I_{норм.доп.} \geq I_{дл}$; $I_{норм.доп.} \geq к_з \cdot I_{защ}$.

Электр желісінің қимасын токтың экономикалық тығыздығы бойынша таңдау.

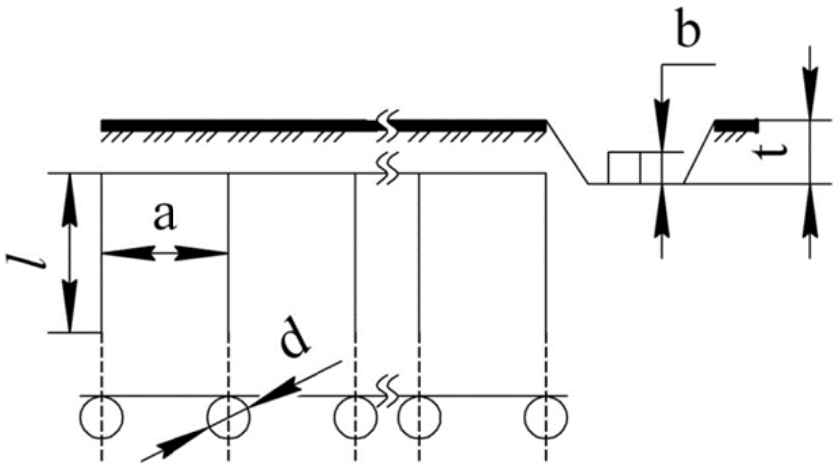
ЭОҚ материалға, сым конструкциясына және Тм жүктемесінің ең жоғары қолдану уақытының санына байланысты $j_{эк}$ токтың экономикалық тығыздығының шамалары берілген.

Сонда:

$$S_{эк} = \frac{I_p}{j_{эк}}.$$

1000 В дейінгі тораптарда токтың экономикалық тығыздығы бойынша ($j_{эк}$) желі тексерілмейді, сондай-ақ $Т_м$ < 4000÷5000 сағ. болса, тарату құрылғыларының (ТҚ) және қосалқы станциялардың шиналары, ЭЖ бөлек барлық тармақтары, жарықтандыру желісі және уақытша құрылыстардың желілері тексерілмейді, себебі бұл жағдайда олар есептік токпен қыздыру бойынша таңдалған қимадан 2÷3 есе артады.

1.10 Жерге тұйықтау құрылғыларын есептеу



1.24- сурет. Жерге тұйықтау құрылғысының орналасуы

Мысал үшін қосалқы станцияның жерге тұйықтау құрылғысының кедергісін есептейміз.

Бастапқы мәліметтер:

$U_1 = 6кВ;$

$U = 0,4\,кВ;$

саздақ топырақ;

$I_з = 25А.$

Шарттарын береміз:

Жерге тұйықтау түрі – диаметрі 12 мм шыбық;

$\ell_{пр} = 5\,м$ – шыбық ұзындығы;

$a = 5\,м$ – шыбықтар арасындағы қашықтық;

$t_{пол} = 0,7\,м$ – жерге тұйықтау тереңдігі;

Орналасуы – бір қатарға;

Жолақтар өлшемі (40х4).

$R_{з.у} \le 4\ Ом,$ 1.7. параграф 62 [16]

$R_{зу} \le \dfrac{125}{I_з} = \dfrac{125}{25} = 5\ Ом,$ 1.7. параграф 62 [16]

Жуықтап есептеу.

Бір шыбықтың кедергісін анықтаймыз:

$$R_{о.пр.} = 0,00227 \cdot \rho \cdot K_c = 0,00227 \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 1,4 = 31,78\ Ом. \qquad (1.71)$$

мұнда K_c = 1,4 – климаттық коэффициент, 19.2-кесте [17];

ρ = 1*10^4 – топырақтың меншікті кедергісі, 19.1-кесте [17].

Шыбықтар саны:

$$n_1 = \frac{R_{о.пр.}}{R_{зу}} = \frac{31,78}{4} = 7,9 = 8 \text{ дана.} \quad (1.72)$$

Жолақтар ұзындығын анықтаймыз:

$$\ell_{1пол.} = a \cdot (n-1) = 5 \cdot (8-1) = 35 \text{ м.} \quad (1.73)$$

Жолақтар кедергісін анықтаймыз:

$$R_{1\,пол.} = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot K_C}{K_{ип} \cdot \ell_{1пол.}} \cdot \ell_g \cdot \frac{2 \cdot \ell_{1пол}^2}{в_{пол} \cdot t_{пол}} = \frac{0,366 \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 1,4}{0,62 \cdot 3500} \cdot \ell_g \cdot \frac{2 \cdot 3500^2}{4 \cdot 70} = 11,7 \text{ Ом,} \quad (1.74)$$

мұнда $K_{ип}$ – бір қатарға созу кезінде ұзартылған жерге тұйықтағыштарды пайдалану коэффициенті, 19.5-кесте [17].

Шыбыққа келетін кедергіні анықтаймыз:

$$R_{пр} = \frac{R_{зу} \cdot R_{1пол.}}{R_{1пол.} - R_{зу}} = \frac{4 \cdot 11,57}{11,57 - 4} = 6,1 \text{ Ом.} \quad (1.75)$$

Нақты есептеу.

Шыбықтардың нақты санын анықтаймыз:

$$n_1 = \frac{R_{о.пр}}{K_и \cdot R_{пр}} = \frac{31,78}{0,59 \cdot 6,1} = 8,8 \approx 9 \text{ шыбықты аламыз} \quad (1.76)$$

мұнда $K_и$ – пайдаланылған өзекті жерге тұйықтағыштар коэффициенті, 19.5-кесте [17].

Жолақ ұзындығын анықтаймыз:

$$\ell_{пол} = a * (n-1) = 5 * (9-1) = 40 \text{ м.} \quad (1.77)$$

Жолақ кедергісін анықтаймыз:

$$R_{пол} = \frac{0,366 \cdot R \cdot K_c}{K_{ип} \cdot \ell_{пол}} \cdot \ell_g \cdot \frac{2 \cdot \ell_{пол}^2}{в_{пол} \cdot t_{пол}} = \frac{0,366 \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 1,4}{0,62 \cdot 4000} \cdot \ell_g \cdot \frac{2 \cdot 4000^2}{4 \cdot 70} = 10,4 \text{ Ом.} \quad (1.78)$$

Жерге тұйықтау құрылғысының кедергісін анықтаймыз:

$$R_{зу} = \frac{R_{пол} \cdot R_{пр}}{R_{пр} + R_{пол}} = \frac{10,4 \cdot 6,1}{6,1 + 10,4} = 3,8 \prec 4 (Ом). \quad (1.79)$$

Демек, 9 шыбықты аламыз, оларды бір-бірінен бес метр қашықтықта орналастырамыз және 0,7 метр тереңдікте орнатамыз. Жерге тұйықтау құрылғысының жалпы ұзындығы 40 метр.

Бақылау сұрақтары:

1. Электр қабылдағыш, тұтынушы, электрмен қамтамасыз ету жүйесі дегеніміз не?
2. Қосалқы станциялар қандай белгілер бойынша жіктеленеді?
3. Негізгі төмендеткіш қосалқы станцияның орналасуының, типінің және қуатының таңдалуы қалай қамтамасыз етіледі?
4. Өнеркәсіптерді қуат бойынша жіктеңіз.
5. Төмен вольтті жиынтық құрылғылары қандай белгілер бойынша жіктеленеді?
6. Векторлық диаграмма дегеніміз не?

7. Трансформация кезіндегі векторлық диаграмманың құрылуы барысында ерекшеліктері қандай?

2-тарау. Электр беріліс желілерінің электр жабдықтары

2.1 Электр беріліс желілерінің түрлерін қолдану саласындағы білім

Кернеуі 1000 В жоғары кәсіпорындардың электр желілерінің мынадай номиналды кернеуі мынадай болады: 6, 10, 20, 35, 110 және 220 кВ.

Электр желілеріне сенімділік, үнемділік, қауіпсіздік және пайдалану ыңғайлылығы, құрылыс және монтаждау жұмыстарын индустрияландыру мүмкіндіктері жөніндегі талаптар қойылады.

Құрылымдық жасалуы бойынша электр желілері әуе және кабельдік желілерге бөлінеді.

Электр желілерін жасау үшін *оқшауланбаған (жалаңаш) және оқшауланған сымдар, кабельдер, ток өткізгіштер қолданылады.*

Жалаңаш сымдардың оқшаулағыш жабындары жоқ, оларды тек оларға адамдардың кездейсоқ жанасуын болдырмайтын жағдайларда ғана төсеуге болады. Өткізгіш затқа бір немесе бірнеше сымға жанасу тұйықталуына әкеледі. Ашық сымдар ашық ауада орналасқан әуе желілерінде кеңінен таралған.

Ток өткізгіш деп өндірістік және электротехникалық үй-жайларда ашық төселген кезде, тіректік конструкция, бағаналар мен ғимараттардың фермалары бойынша электр энергиясын кәріздендіруге арналған құрылғыны айтады. Ток өткізгіштерге әр түрлі орындалатын шиналы магистральдар жатады, олар *шина сымдары* деп аталады.

Электр берілісінің әуе желісі деп (ӘЖ немесе ӘЭЖ) электр энергиясын сым бойынша беруге және таратуға арналған құрылғыны айтады.

Әуе желілері кернеуге байланысты үш класқа бөлінеді: I - 35 кВ жоғары; II - 35 кВ дейін; III - 1 кВ дейін.

Әуе желілері ашық ауада орналасқан оқшауланбаған сымдардан және оқшаулағыштар мен арматуралардың көмегімен тіректерге бекітіледі. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда ӘЖ кәсіпорын аумағының әртүрлі құрылыстармен жүктелуіне байланысты сирек қолданылады. Әдетте ӘЖ қуаттылығы аз кәсіпорындар үшін және негізгі өнеркәсіптік алаңнан алыстатылған жекелеген объектілер үшін, мысалы, сорғы, компрессорлық станциялар, жөндеу-құрылыс базалары және 6 ÷ 10 кВ кернеумен жұмыс істейтін басқа да объектілер үшін пайдаланылады. Негізінен ӘЖ кәсіпорындары үшін, яғни энергожүйеден кәсіпорынға электр энергиясын беруге аналған қоректік желі болып табылады.

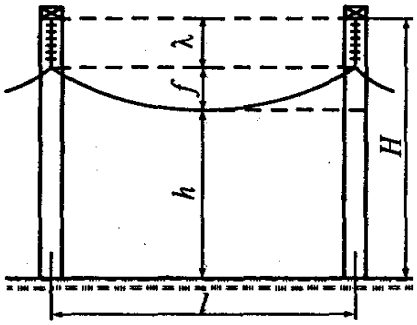
Әуе желілерінің негізгі элементтері: сымдар, оқшаулағыштар, желілік арматура, тіректер мен іргетастар, қорғаныс тростары. Айнымалы үш фазалы

токтың ӘЖ – не бір тізбекті құрайтын кемінде үш сым, тұрақты токтың ӘЖ- не кемінде екі сым ілінеді.

ӘЖ тізбектерінің саны бойынша бір, екі және көп тізбекті болып бөлінеді. Тізбектердің саны электрмен жабдықтау сұлбасымен және электр энергиясын тұтынушыларды резервтеу қажеттілігімен анықталады. Егер электрмен жабдықтау сұлбасы бойынша екі тізбек талап етілсе, онда бұл тізбектер бір тізбекті тіректері бар екі жеке бір тізбекті ӘЖ немесе екі тізбекті тіректері бар бір екі тізбекті ӘЖ ілінуі мүмкін.

Әуе желілерінің трассасы мүмкіндігінше қысқа таңдалуы тиіс. Мұздың үлкен шөгінділері, күшті желдер, көшкіндер, тас, батпақтар және т. б. бар аудандарда жобалау кезінде мүмкіндігінше аса қолайсыз жерлерді айналып өтуді қарастыру қажет, бұл салыстырмалы техникалық-экономикалық есептеулермен негізделуі тиіс.

Көршілес екі тіректің ортасының арасындағы *l* қашықтық аралықтың ұзындығы немесе сызықтың аралығы деп аталады (2.1-сурет).



2.1 сурет - Аспалы оқшаулағыштары бар тіректердегі желінің аралығы

Сымдар оқшаулағыштарда тіректерге еркін ілінеді. Өз салмағының әсерінен аралықтағы сым тізбекті сызықпен қосылады. Ілу нүктесінен сымның төменгі нүктесіне дейінгі ара қашықтық *F ілу жебесі* деп аталады. Сымның төменгі нүктесінен жерге дейінгі ең аз қашықтық сымның жерге жақындау *габариті h* деп аталады.

Габарит адамдар мен көлік қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз етуі тиіс, ол жергілікті жердің жағдайына, желінің және т. б. кернеуіне байланысты.. Халық тұрмайтын жерлер үшін габарит h = 57 м.. Ғимараттарға немесе имараттарға дейін: h = 3 м – 35 кВ үшін; h = 4 м – 110 кВ үшін және h = 5 м - 220 кВ үшін.

Желі ілгішінің биіктігі *H* деп жерден тіректің оқшаулағышындағы сымдарды бекіту орнына дейінгі қашықтықты айтады (2.1-сурет).

Сымдардың көлденең орналасуы кезіндегі тіректің биіктігі *h* габаритімен және *f* салмағының максималды жебесімен анықталады. Оқшаулағыштар тізбектерінде сымдарды бекіту кезінде тіректің биіктігі тізбектің ұзындығына қарай артады λ .

ӘЖ фазаларының көрші сымдарының арасындағы қашықтық талап етілетін оқшаулама аралығын қамтамасыз етеді және негізінен оның номиналды кернеуіне байланысты болады. Кернеуі 6(10) кВ желілер үшін бұл қашықтық 1 м; 110 кВ – 4 м; 220 кВ – 7 м; 500 кВ – 12 м; 750 кВ – 15 м құрайды.

L желісі аралығының ұзындығын әдетте экономикалық пайымдаулардан анықтайды. Аралықтың ұзындығын ұлғайта отырып, салмақ

жебесі өседі, демек, тіректердің биіктігі, бұл олардың құнын арттырады. Кернеуі 1 кВ дейінгі желілер үшін аралықтың ұзындығы – 30÷75 м; 110 кВ – 150÷200 м тіректің биіктігі 13÷14 м сымдардың көлденең орналасуымен; 220÷500 кВ-400÷450 м тіректің биіктігі 25÷30 м.

Бірақ аралық ұзындығының ұлғаюымен тіректердің саны азаяды және желінің оқшаулану құны төмендейді.

Екі тізбекті тіректерде әртүрлі тізбектердің сымдары арасындағы арақашықтық екіншісін ажыратпай, тізбектердің бірінде жөндеу жұмыстары мүмкін болатындай етіп алынады.

Әуе желілерінің механикалық беріктігі қима ауданын және сымдардың керілу күшін тиісті таңдаумен, оқшаулағыштар типімен және тіректердің конструкциясымен қамтамасыз етіледі [14].

2.2 Әуе электр беріліс желілерінің тіректері, сымдары және құрылымдық элементтері

2.2.1 Әуе желілерінің сымдары

Әуе желілері бір немесе бірнеше сымдардан тұратын оқшауланбаған (жалаңаш) сымдармен жасалады. ӘЖ *мыс, алюминий, болат, болат-алюминий және болат-бетон сымдармен* жасалады.

Мыс - электр тогының ең жақсы өткізгіштерінің бірі, сондықтан қажетті техникалық-экономикалық көрсеткіштерді (электр энергиясының шығынын) мыс сымдарының басқа материалдардан жасалған сымдарға қарағанда аз қимасында алуға болады. +20 °С температурадағы қатты тартылған мыстың меншікті кедергісі ρ = 18 $Ом \cdot мм^2$/км. Мыс сымдар атмосфералық жағдайлардың және ауадағы химиялық реагенттердің көпшілігінің әсеріне жақсы қарсы тұрады. Мыс сымдарының механикалық беріктігі σ = 400 МПа. Мыстың тапшылығы мен қымбат болуы салдарынан мыс сымдары өте сирек, тек жарылуға жоғары қауіпті жағдайда ғана қолданылады.

Алюминий өткізгіш ретінде мысқа қарағанда нашар. Оның өткізгіштігі мыстың өткізгіштігінен шамамен 1,6 есе аз, алайда алюминийдің өткізгіштігі оны сымдар мен кабельдер үшін ток өткізуші материал ретінде пайдалану үшін айтарлықтай жоғары. Атмосфералық құбылыстардың әсеріне алюминий мыс сияқты жақсы қарсы тұрады. *Алюминий* сымдары үлкен меншікті кедергімен (ρ = 28,8 Ом·мм^2/км) және мыстан кем механикалық беріктігімен (σ=156÷180 МПа) ерекшеленеді, бірақ олар әлдеқайда арзан.

Бірсымды сым қима ауданы 4, 6 және 10 мм^2 бір дөңгелек сымнан тұрады. Бірсымды сымдар қимасы ауданы 10 мм^2 дейінгі мыстан және диаметрі 5 мм дейінгі болаттан дайындалады. Олардың беріктігі жоғары емес, оларды 1 кВ дейінгі кернеудегі ӘЖ ғана қолданады.

Бір металдан жасалған көпсымды сымдар бір-бірімен оралған бірнеше сымдардан тұрады, оның ортасында диаметрі бірдей бір немесе бірнеше сым орналастырылады, оның айналасына сымдардың сымдары (қатарлары)

жасалады. Бір орамда сым 7 сымнан, екі орамда 19 сымнан, үш орамда 37 сымнан тұрады. Аралас бұрауларды бұрау әртүрлі бағыттарда жүргізіледі, бұл дөңгелек пішінді қамтамасыз етеді және бұрауға қарсы анағұрлым тұрақты сым алуға мүмкіндік береді.

Көпсымды сымдардың бірсымды сымдарға қарағанда бірқатар елеулі артықшылықтары бар: икемділігі жоғары, бұл үлкен сақтау және монтаждаудың ыңғайлылығын қамтамасыз етеді; үзілуге жоғары кедергі аз диаметрге қатысты сым үшін ғана алынуы мүмкін. 25 мм^2 және одан жоғары қимасы бар бір сымды сымдар үзілуге төмен кедергі болуы мүмкін.

Көпсымды сымдар 10÷500 мм^2 қимамен жасалады. I және II класты әуе желілері үшін тек көп сымды сымдар мен тростар қолданылады.

Түсті металдан жасалған сымдар ауаның химиялық реагенттерінің әсерінен өткізгіш металл тотығының жұқа қабатымен тез жабылады және одан әрі бұзылмайды. Оксидті пленканың нашар өткізгіштігінен электр тогы сым арқылы өтетін параллель токтардың қатарына «бөлінеді». Бұл құбылыстың және сым бұраудың нәтижесі (сым ұзындығы ось бойынша өлшенген сым ұзындығынан 2÷3% артық) көп сымды сымдардың белсенді кедергісінің 2÷3% артуы болып табылады.

Механикалық жүктемені (сым бойынша ауырлықты) болат пен алюминий қабылдайды. Алюминий қимасының болат қимасына қатынасы шамамен 5÷6 құрайтын болат алюминийлі сымдарда алюминий сым өткізгіш бойынша толық тарту күші 50÷60%, ал қалғандары - болат өзекше қабылдайды.

Өте үлкен механикалық беріктігі бар өткізгіштің аз белсенді кедергісін біріктіру қажет болған жағдайда *болат-қола және болат-алдрей сымдарды* қолданады. Алдрей - магний мен кремнийдің шамалы үлесі (шамамен 1,2%) бар алюминий қорытпасы.

Қуыс мыс және биметалл (болат сым мыстың буланған қабатымен жабылған) сирек қолданылады.

Оқшауланбаған сымдардың маркалары былай белгіленеді: М, А, АС, Ал, ПС, Б - сым материалы (мыс, алюминий, болат алюминий, алдрей, болат, қола).

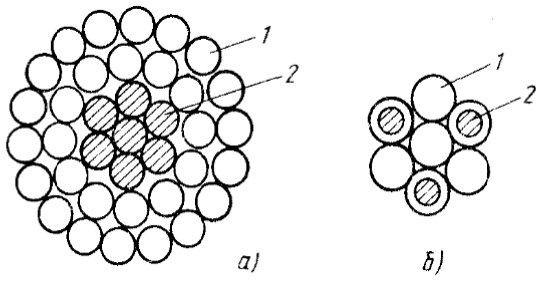
Алюминий сым АТ (қатты күйдірілген) және АМ (күйдірілген жұмсақ), АН, АЖ қорытпаларының маркалары болуы мүмкін.

Бұдан басқа, теңіздердің, тұзды көлдердің жағалауларында, өнеркәсіптік аудандар мен тұздалған құмдардың аудандарында - АКП, АСКС, АСК салу үшін тоттанудан қорғайтын арнайы алюминий және болат алюминий сымдары жасалады.

Сымның маркасының жанындағы сан сымның номиналды қимасын білдіреді, мысалы, А-50 қимасы 50 мм^2 алюминий сымын білдіреді. *Номиналды қима* деп сымның нақты қимасының дөңгелектенген шамасын айтады. Мысалы, АС-50/8 болат алюминийі сымының маркасындағы сандар сымның алюминий бөлігінің және болат бөлігінің номиналдық қимасын

береді. Электр есептерінде тек сымның алюминий бөлігінің өткізгіштігі ескеріледі.

Ауа желілерінде негізінен АС маркалы болат алюминийлі сымдар қолданылады (2.2-сурет).



а- болат трос өзекшесімен; *б* – биметалды күшейткіш сымдармен;
1 - алюминий; 2 - болат
2.2-сурет - Болат алюминий сымдарының құрылымы

Оқшауланбаған сымдардың номиналды қимасының келесі шкаласы қабылданды: 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 600; 700 мм^2.

Қазіргі уақытта АСМ 300/43, АСМ 400/51 және Аса 95/16 маркалы ауыспалы ток кедергісі төмендетілген жаңа болат алюминий сымдарының өндірісі игерілді. АСМ 400/51 маркасының үш орамды модификацияланған сымында маркалы АСМ 400/51 екінші ретті алюминий сымдарының диаметрі ұлғайтылды және үшінші ретті сымдардың диаметрі азайтылды, соның салдарынан болат өзекшеде магнит ағынының компенсациясы болады және сым кедергісі азаяды. Аса маркалы сымдарда магнитті емес немесе аз магнитті аз магнитті құрамында азот бар болаттан жасалған өзекше пайдаланылады. АСМ және Аса маркалы болат алюминий сымдарын қолдану әуе желілеріндегі электр энергиясының шығынын 2÷13% қысқартуға мүмкіндік береді.

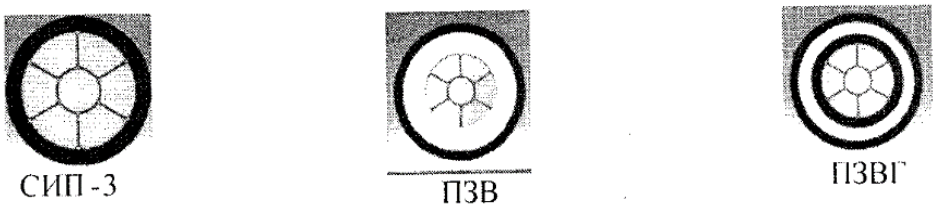
Орташа класты әуе желілерінде *оқшауланған сымдардың* жалаңаштанған сымдарының орнына кернеуді пайдалану осындай желілердің сенімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік берді.

СИП-3 бір талшықты сымында ток өткізгіш жила тығыздалған қорытпадан немесе сымдардың тығыздалған болат-алюминий құрылымынан жасалған және тігілген жарық тұрақтандырылған полиэтиленнен жасалған оқшаулағыш қабаты бар. ПЗВ маркалы дара сым алюминий қорытпасының сымдарынан немесе болат мырышталған сымдармен нығайтылған алюминий сымдардан жасалған тығыздалған желі болады. Сымды оқшаулау тігілген полиэтиленнің екі қабатынан тұрады: төменгі қабаттан таза оқшаулағыш және жоғарғы қабаттан тұрақты полиэтиленнен жасалған. ПЗВГ маркалы сым (найзағайдан қорғайтын орындаудағы) ПЗВ сымдары сияқты, бірақ оқшаулау үш қабаттан тұрады: бірінші қабат - электр өткізгіш тігілген

полиэтилен, екінші қабат - таза оқшаулағыш тігілген полиэтилен және үшінші қабат - трекингке төзімді тұрақты полиэтилен.

Құрылымы оқшауланған сымдар 2.3-кестеде көрсетілген.

20 кВ дейін 35 кВ 35 кВ



2.3-сурет - Оқшауланған сымдар

110 кВ және одан жоғары әуе желілері сымдарының үстінен темір-бетон және металл тіректерде оларды атмосфералық асқын кернеулерден қорғау үшін болат найзағайдан қорғау тростары ілінеді. 20÷35 кВ желілері қосалқы станцияларға жақын жерде найзағайдан қорғайтын тростармен жабдықталады. Әдетте мырышталған сымдардан жасалған тростарды пайдаланады. Оқшаулағыштарда ілінген кезде тростар байланыс сымдары ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Кернеуі 35 кВ ӘЖ - де қимасы 35 мм^2, 110 кВ үшін - 50 мм^2, 220 кВ және одан жоғары-70 мм^2 тростар қолданылады. Кернеуі 220 кВ және одан жоғары желілерде сымдарды ажырату қолданылады-фазада бірнеше сымдарды ілінеді. Бұл электр өрісінің сымдардың жанында кернеулігін азайтуға және ауа ионизациясының әлсіреуіне (тәждер) қол жеткізіледі. Ажыратылған фаза сымдарының арасындағы қашықтық 40 см-ге жуық. Ажыратылған фазаның сымдарын бір-біріне қатысты сызықтың бойымен бекіту үшін сымдар арасында арнайы кергіштер орнатылады.

Сымдар ӘЖ осіне көлденең бағытталған ауа ағынымен ағып кеткен кезде немесе осы осьтің кейбір бұрышымен сымның жел тиетін жағынан құйын пайда болады. Тербелістердің пайда болу жиілігі және қозғалуы меншікті тербелістердің бір жиілігімен сәйкес келген кезде сым тік жазықтықта тербеліс бастайды. Мұндай тербелістер 2÷35 мм амплитудасы бар, толқын ұзындығы 1÷20 м және жиілігі 5÷60 Гц вибрация деп аталады.

Жел жылдамдығы 0,6÷12 м/с болғанда, жел жылдамдығы одан әрі ұлғайған кезде вибрация амплитудасы едәуір азаяды. Вибрация, әдетте, ұзындығы 120 м астам аралықтарда және ашық жерлерде орын алады. Вибрацияның қауіптілігі механикалық кернеудің жоғарылауынан қысқыштардан шығатын учаскелерде сымның жекелеген сымдарының үзілуі болып табылады. Тербеліс нәтижесінде сымдардың периодтық майысуынан айнымалы кернеу пайда болады және негізгі созылатын кернеулер ілінген сымдарда сақталады.

120 м дейінгі аралықтарда вибрациядан қорғау талап етілмейді, көлденең желден қорғалған кез келген ӘЖ учаскелері қорғауға жатпайды;

өзендер мен су кеңістіктерінің үлкен өткелдерінде сымдардағы кернеуге қарамастан қорғау талап етіледі. Кернеуі 35÷220 кВ және одан жоғары ӘЖ-де вибрациядан қорғауды болат тросқа ілінген және қысқыш жанындағы вибрация амплитудасын азайтумен вибрация сымдарының энергиясын сіңіретін вибрация сөндіргіштердің көмегімен орындайды.

Көктайғақта сымдардың жағажайы байқалады, ол вибрация сияқты желден пайда болады, бірақ 12÷14 м-ге жеткен үлкен амплитудамен және үлкен толқын ұзындығымен (аралықтағы бір және екі жарты толқынмен) ерекшеленеді. ӘЖ осіне перпендикуляр жазықтықта, сым жағажайда созылған эллипс бойынша қозғалады, оның үлкен осі тігінен тік немесе тігінен шағын бұрышпен ауытқиды (10 ÷ 20^0 дейін).

Электр тогы ӘЖ сымдары арқылы өтіп, жылуды бөліп, сымды қыздырады. Сымның қызу әсерінен:

- сым ұзаруы, салмақ жебесінің ұлғаюы;
- сымның тартылуын және оның механикалық жүктемені көтеру қабілетінің өзгеруі;
- сымның кедергісін және электр қуаты мен қуатын жоғалтудың өзгерісі орын алады.

Барлық шарттар қоршаған орта параметрлерінің тұрақтылығы болған кезде немесе ӘЖ сымының жұмысына бірлесіп әсер еткенде өзгеруі мүмкін. ӘЖ пайдалану кезінде жүктеменің номиналды тогы кезінде сым температурасы 60÷70^0 С шамасында болады және жылу бөлу және салқындату немесе жылу беру әсерімен бір мезгілде анықталады. ӘЖ сымдарының жылу шығаруы жел жылдамдығының артуымен және қоршаған ауа температурасының төмендеуімен өседі. Ауа температурасы +40^0С-тан -40^0 С-қа дейін төмендегенде және желдің жылдамдығы 1-ден 20 м/с-қа дейін ұлғайған кезде жылу шығындары 50-ден 1000 Вт/с-қа дейін өзгереді. Қоршаған ауаның оң температурасында (0÷40^0С) және желдің болмашы жылдамдығында (1 ÷ 5 м/с) жылу шығыны 75÷200 Вт/м құрайды.

Есептік жүктемеге сәйкес келетін кедергімен салыстырғанда сым кедергісінің артуы 30% - дан 12% - ға, ал 50% - дан 16% - ға артық жүктеме кезінде мүмкін [5].

2.2.2 Әуе желілерінің оқшаулағыштары

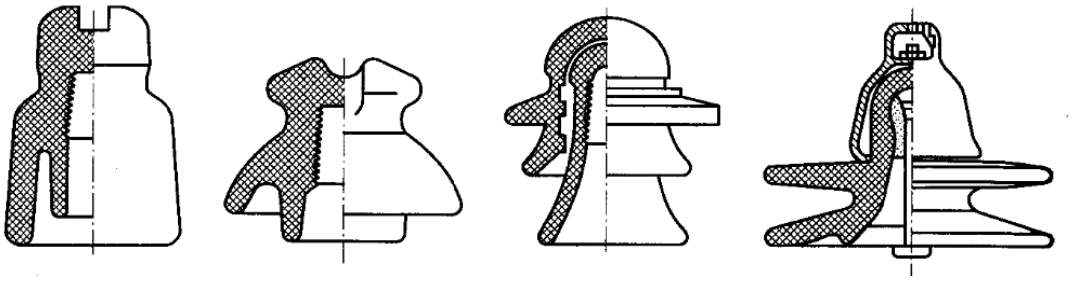
Сымдарды тіректерден оқшаулау үшін мынадай оқшаулағыштар қолданылуы мүмкін:

- қысуға, созуға немесе майысуға жұмыс істейтін және (тірек қадаларға немесе ілмектерге отырғызылатын) және өзекті (негізге бұрандалармен немесе бұрандалармен бекітілген) *тірек оқшаулағыштар;*
- тек созылатын күшті қабылдайтын және тізбекті (тізбектелген стандартты оқшаулағыштардан жасалған) және өзекті (тұтас) болып бөлінетін *аспалы оқшаулағыштар;*
- *тірек және аспалы оқшаулағыштардың комбинациялары* (бұл жағдайда оқшаулағыштардың екі түрі де әдетте өзекті болып табылады);

- *оқшаулағыш траверстер*.

Оқшаулағыштар *фарфордан немесе шыңдалған шыныдан* жасалады. Электр тогы немесе механикалық немесе термиялық әсерді бұзатын жағдайда оқшаулағыштың шыңдалған шынысы жарылмайды, шашылады. Бұл тек желіде ғана емес, сондай-ақ ең зақымдалған оқшаулағыштың да болуын жеңілдетеді.

Сымдар тіректерде найзағайдан және аспалы оқшаулағыштардың көмегімен ілінеді (2.4-сурет).



а б в г

а - кернеуі 400 В желілерге арналған істік; б -кернеуі 6-10 кВ желілерге арналған істік; в - кернеуі 20-35 кВ желілерге арналған істік; г - ластанған аудандарда кернеуі 35 кВ желілерге арналған аспалы

2.4-сурет - Желілік оқшаулағыштар

Аспалы өзекті оқшаулағыштар (2.5-сурет) 110 кВ желілерде аспалы оқшаулағыш тізбектерінің орнына қолданылады. Аспалы оқшаулағышар тізбегіне қарағанда өзекті оқшаулағыштар айтарлықтай жеңіл және арзан.

10 кВ дейінгі желілерде, әдетте, тіректік істіктер; 6÷35 кВ желілерде – істікті; 35÷220 кВ желілерде – аспалы оқшаулағыштар қолданылады.

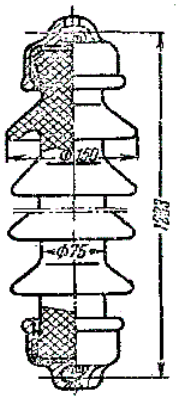
Оқшаулағыштардың келесі түрлері қолданылады:

-кернеуі 6÷10 кВ желілер үшін ШС-6, ШС - 10 типті фарфор істік;

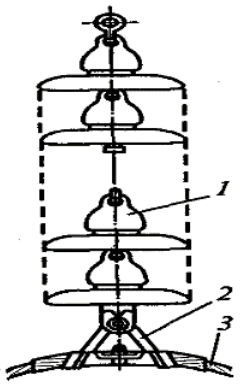
- Ш-20, ШД-35 типті фарфор істік - кернеуі 20÷35 кВ желілер үшін;

- аспалы фарфорлы ПФ немесе ПС шыны оқшаулағыштары-кернеуі 35 кВ және одан жоғары желілер үшін.

ШД және ШС типті оқшаулағыштар тіректерге ілгектер мен істіктерге бекітіледі. 110 кВ және одан жоғары кернеу кезінде тек аспалы оқшаулағыштар қолданылады (2.5 және 2.6-суреттер).



2.5-сурет - 110 кВ кернеуге арналған СП-110 өзекті оқшаулағыш



1 - оқшаулағыш; 2 - сым бекіту қысқышы; 3 - сым

2.6-сурет - Аспалы оқшаулағыш тізбегі

Аспалы оқшаулағыштар гирляндалары *сүйемелдеуші және тартқыш* болады.

Сүйемелдеуші оқшаулағыштар аралық тіректерде тігінен орналасады, *тартқыш гирляндалар* анкерлік тіректерде қолданылады және көлденең күйде болады. ЭБЖ жауапты учаскелерінде қосарланған тізбектер қолданылады.

Гирляндада оқшаулағыштар саны ЭБЖ кернеуіне, ағу жолының тиімді және нормаланған ұзындығына және тірек материалына (оқшаулаудың талап етілетін деңгейіне) байланысты болады. 35 кВ кернеудегі ағаш және темір-бетон тіректерінде гирляндтағы екі аспалы оқшаулағышты, 110 кВ кернеудегі алты оқшаулағышты, 220 кВ кернеудегі он екі оқшаулағышты қолданады. Металл тіректерде бір-екі оқшаулағышқа көп қолданылады. Кернеуі 220 кВ жоғары әуе желілерінде гирляндаларды зақымданудан қорғау үшін қысқа тұйықталу доғасы туындаған кезде қорғаныш мүйіздері мен сақиналар қолданылады.

110 кВ ӘЖ әрбір оқшаулағыш гирляндаға қосылған элемент ретінде белгілі бір сыйымдылық болып табылады. Барлық оқшаулағыштар бірдей деп санауға болатынына қарамастан, олардың кернеуі әртүрлі және кейбір қисық бойынша бөлінеді, өйткені әрбір оқшаулағыштың жерге қатысты қосымша жартылай сыйымдылығы бар. Оқшаулағыштардың ластануын *токтың кемуі* тудырады, ол бөлу қисығын біраз теңестіреді және оқшаулағыштарды тізбектегі элементтер бойынша кернеуді біркелкі таралуы жағдайына қояды.

Оқшаулағыштарды номиналды кернеу, есептік механикалық жүктеме және қоршаған атмосфераның ластану дәрежесі бойынша таңдайды.

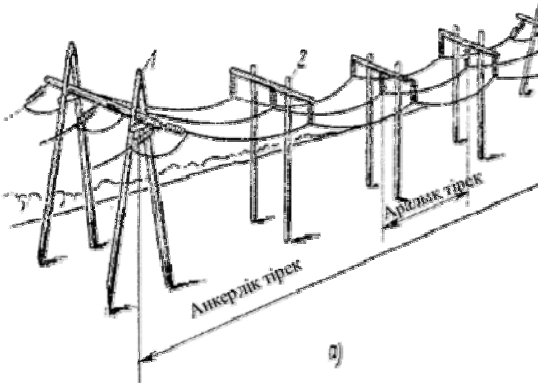
Сымдар арасындағы әуе желілерінің аралықтарындағы сымдар арасындағы қашықтықты азайту мақсатында бір-біріне қатысты сымдар

бекітетін жеңілдетілген өзекті оқшаулағыштардан кергіш оқшаулағыш қолданылады [5].

2.2.3 Әуе желілерінің тіректері

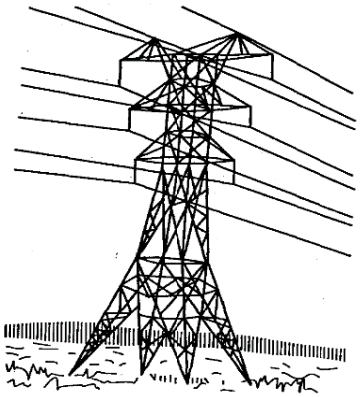
Әуе ЭБЖ *ағаш, металл және темірбетон тіректерде* төселеді. Тіректер мақсаты бойынша *аралық* және *анкерлік* болады (2.7-сурет). Тіректер *біртізбекті және екітізбекті, троспен және троссыз болуы мүмкін.*

Желілерде ең көп таралған аралық тіректер болып табылады, олар трассаның түзу учаскелерінде орнатылады. Жазық жерлерде бұл тіректердің саны тіректердің жалпы санының 80÷90% құрайды. Бұл тіректер қалыпты режимдерде, барлық сымдар бүтін болса, әуе желісінің бойымен бағытталған күшті қабылдамауы тиіс. Тіреуіш (2.8 сурет) тік күштерді - сымдардың, оқшаулағыштардың, мұздың массасын және тіректің өзін және көлденең күштерді - сымдар мен тірекке жел қысымын қабылдайды. Сымдар үзілген кезде аралық тірек аралықтардың бірінен үзілген сым бойынша тепе-теңсіз ауырлықтың бойлық күшін қабылдауы тиіс.



1 - анкерлік тірек; 2 - аралық тірек

2.7-сурет - Әуе желісінің сұлбасы



2.8-сурет - Кернеуі 110 кВ екі тізбекті желіге арналған аралық металл тірек

Анкерлік тіректер әртүрлі құрылыстармен қиылыстарда, сондай-ақ сымдардың саны, маркалары мен қимасының ауданы өзгерген жерлерде орнатылады. Бұл тіректер жұмыстың қалыпты режимдерінде желі бойымен бағытталған сымдардың тартылуынан күшті қабылдауы тиіс. Анкерлік тіректердің қатты конструкциясы болуы тиіс.

Анкерлік тіректер базасында *шеткі және транспозициялық тіректер* жасалуы мүмкін. *Шеткі тіректер* әуе желісінің басында және соңында, сондай-ақ кабельдік ендірмелерді шектейтін орындарда орнатылады. Шеткі тіректер желі жұмысының қалыпты режимдерінде сымдардың бір жақты ауырлығын қабылдауы тиіс. *Транспозициялық тіректерде* сымдардың транспозициясын жүзеге асырады.

Аралық және анкерлік тіректер *тік, бұрыштық, тармақтаушы және айқас болуы мүмкін.* Тік тіректер әуе желісі трассасының тік учаскелерінде, бұрыштық – трассаның бағыты өзгерген жерлерде орнатылады. Бұрыштық тіректер желінің бұрылу нүктелерінде орнатылады және шектес аралықтар сымдарының кернеулі ауырлығын қабылдауы тиіс. Тармақтау тіректерінде әуе желісінен тармақтау орындалады, қиылысу тіректерінде екі бағыттағы әуе желілерінің қиылысуы орындалады.

Анкерлік тіректер белгілі бір аралықтар саны арқылы орнатылады (әрбір 3÷5 км желі арқылы), сымдардың қатты бекітілуі болады және барлық сымдардың үзілуіне есептеледі. Аспалы оқшаулағыштары бар желілердің сымдары анкерлік тіректерде тартпалы гирляндалармен бекітіледі, аралықтардың тіректерімен жапсарлас бір фазаның сымдары сым ілмектерімен жалғанады.

Қосалқы станцияларға жақындағанда желі сымдары бойынша әрекет ететін жүктемені қабылдайтын шеткі тіректер орнатылады. Шеткі тіректер кіші станцияларға жақын. Шеткі тіректер қатты орындалады,оларға сымдар анкерлік тіректерде сияқты оқшаулағыштардың тартпалы тізбектермен бекітіледі.

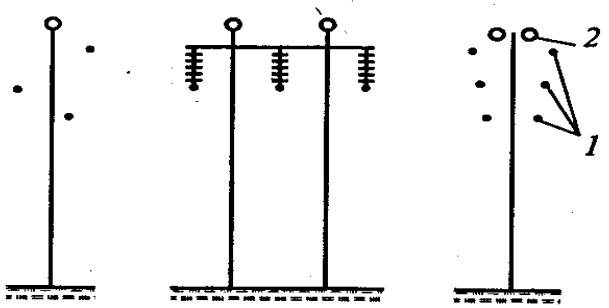
Ағаш тіректер мен темірбетонды тіректер кернеуі 0,38÷110 кВ желілерде кеңінен қолданылады. Ағаш тіректердің артықшылықтарына аз масса, жоғары электр оқшаулау қасиеттері, найзағайға төзімді, қарапайым құрылымдарды қамтамасыз ететін табиғи дөңгелек сортамент жатады. Кемшіліктеріне тіректердің шіруге ұшырағандығын, әсіресе топырақпен жанасу орнында және өрт қауіптілігін жатқызуға болады. Шіру процесін баяулату үшін тіректер үшін антисептиктермен сіңірілген бөренелер қолданылады. Ормандар, құрғақ батпақтар және төменгі өрт болуы мүмкін басқа да жерлер бойынша ағаш тіректері бар әуе желілері өткен кезде тіректердің жануына кедергі келтіретін іс-шаралар жүзеге асырылуы тиіс: арықтарды орнату, шөп пен бұталарды жою, темір бетон қосымшаларын қолдану. Шымтезек өрттері болуы мүмкін жерлерде кернеуі 110 кВ және одан жоғары ағаш тіректерді орнату ұсынылмайды.

Металл тіректер кернеуі 35 кВ және одан жоғары әуе желілерінде қолданылады. Тіректің конструктивтік орындалуы бойынша екі түрі болуы мүмкін: *мұнаралы (біржақты) және порталды.* Металл тіректердің артықшылығы салыстырмалы аз масса кезінде олардың жоғары беріктігі, кемшілігі – коррозияға ұшырауы болып табылады. Коррозиядан қорғау мырыштау немесе тұрақты жабынмен бояу жолымен жүзеге асырылады. Пайдалану процесінде бүлінген жерлерді қайта бояу жүргізіледі. Металл тіректердің негіздері әдетте темірбетон болып табылады.

Темір-бетон тіректер металл тіректермен салыстырғанда ұзақ және пайдалануда үнемді, күтім мен жөндеуді қажет етпейді. Тіректердің кемшілігі - олардың үлкен массасы.

2.9-сурет - Тіректердегі сымдар мен тростардың ең жиі кездесетін орналасуы сұлбалық түрде бейнеленген. Үшбұрыштың жоғарғы жағында

сымдардың орналасуы кернеуі 35 кВ дейінгі желілерде және кернеуі 110 кВ біртізбекті желілерде металл және темірбетон тіректерде кеңінен таралған. Сымдардың көлденең орналасуы кернеуі 110 кВ және одан жоғары, металл және темірбетон тіректері бар желілерде қолданылады. Екітізбекті тіректер үшін пайдалану тұрғысынан сымдардың «кері шырша» түрінде орналасуы ыңғайлы.

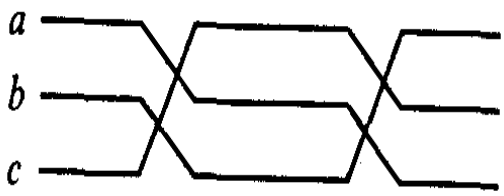


а б в

а - үшбұрыштың ұштары бойынша; б - көлденең; в - кері шыршамен; 1-сымдар; 2 - тростар

2.9-сурет - Тіректердегі сымдар мен тростардың орналасуы

Сымдардың өзара орналасуындағы айырмашылық фазалардың параметрлерінің (индуктивті кедергілердің) айырмашылықтарына әкеледі. Ұзындығы 100 км-ден асатын желілерде осы параметрлерді теңестіру үшін сымдардың транспозициясын қолданады: желі үш бөлікке бөлінеді, онда үш сымның әрқайсысы барлық үш ықтимал жағдайды алады (2.10 сурет).



a, b, c - үш фазалы желінің фазалары

2.10-сурет - Сымдар транспозициясының сұлбасы

Желі сымдары орындармен ауысатын желі нүктелерінде транспозициялық тіректер орнатылады.

Үлкен өзендердің, шатқалдардың және т.с. С. қиылыстарында биіктігі 50÷100 м және одан жоғары өтпелі тіректер орнатылады [5].

2.3 Электр берілісінің әуе желілерін механикалық есептеу

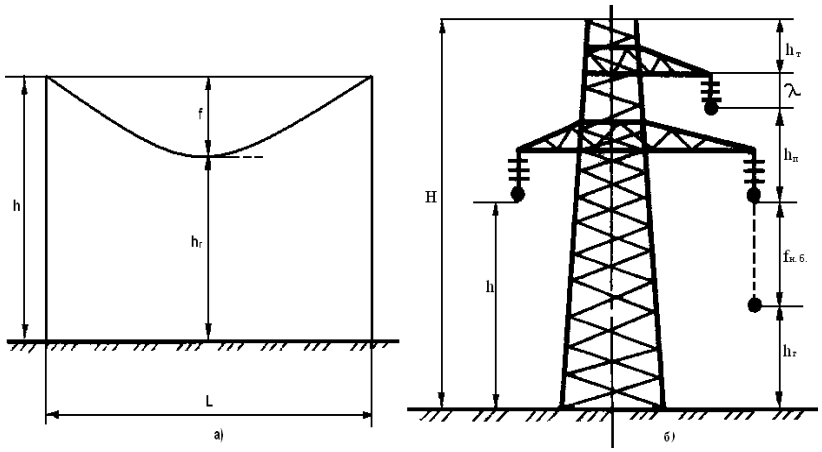
Әуе желілерінің (ӘЖ) **механикалық беріктігі** – бұл сымдардың, найзағайдан қорғау тростар мен тіреулердің өз салмағынан, желден, көктайғақтан, температураның өзгерісінен және басқа да факторлардан туындайтын механикалық жүктемелерге төзу қабілеті. ӘЖ механикалық беріктігі электр желісі жұмысының сенімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Бұл сымдардың да, тіректердің де беріктігіне қатысты.

ӘЖ номиналды кернеуі және ӘЖ түрлі учаскелеріндегі сымдардың экономикалық мақсатқа сай қималары желінің электр бөлігінің жобасында анықталады. Жүйеленген және типтік тіректерде салынатын ӘЖ құрылымдық бөлігін жобалау кезінде барлық қажетті түрдегі тіректердің нақты конструкциялары таңдалады, оларды трассада орналастыру және есептік режимдерде беріктігін тексеру жүзеге асырылады. Бұдан басқа, ӘЖ құрылымдық бөлігін жобалау кезінде сымдардың механикалық беріктігінің шарттары бойынша найзағайдан қорғау тростар да есептеледі. Бұл есептеуге:

1) сымдар мен тростарға әсер ететін механикалық жүктемелер мен күштерді;

2) сымдардың және тростардың әртүрлі нүктелерінде және әртүрлі жұмыс жағдайларында механикалық кернеулерін;

3) сымдар мен тростар салуының ең үлкен жебелерін анықтауды қамтиды. Бұл есептеулердің нәтижелері сымдар мен тростардың механикалық кернеулерінің, сондай-ақ олардың салмақтық жебелерінің (2.11 суретте *f*) жіберілуін тексеру үшін қажет. Сонымен қатар, сымдар мен тростарды механикалық беріктікке есептеу нәтижелері ӘЖ тіректерін таңдау, орналастыру және есептеу үшін, сондай-ақ аралық ұзындығынан (яғни тіректер арасындағы қашықтықтан) және климаттық жағдайларға салмақтық бағыттамалардың монтаждық тәуелділігін құру үшін қажет.



2.11-сурет - Біртізбекті әуе желісі: а) ӘЖ аралығының сызбасы; б) аралық тіректің өлшемдері.

2.11-сурет, а -да ауа желісінің өту сұлбасы келтірілген, мұнда $h_г$ – желі габариті, яғни қауіпсіздік шарттары бойынша ең аз рұқсат етілген жер беті мен ең төмен сымның арасындағы қашықтық; *f* – аралықтағы сымның іліну жебесі; *l* – аралықтың ұзындығы, тіректердің арасындағы қашықтық; *h* - сым ілу биіктігі, яғни жерден оқшаулағыштың ілінетін гирляндасының төменгі нүктесіне дейінгі қашықтық.

2.11-суретте біртізбекті әуе желісінің аралық тірегі бейнеленген. $F_{нб}$ өткізгіштің ең үлкен рұқсат етілген жебесі әрбір тіректің түріне берілген осы

тіректің биіктігі H, трос тірегінің биіктігі $h_т$, сымдардың арасындағы тігінен арақашықтық$h_п$, оқшаулағыштың аспалы гирляндасының ұзындығы λ, сондай-ақ $h_г$ анықталады:

$$f_{нб} = H - h_т - h_п - \lambda - h_г \qquad (2.1)$$

Тізбектегі оқшаулағыштар саны оқшаулағыштың типі және ӘЖ $U_{ном}$ анықталады. Гирлянданың ұзындығы $\lambda U_{ном}$ және оқшаулағыштың түріне байланысты және 35 кВ ӘЖ үшін 0,68 м-ден 500 кВ ӘЖ үшін 4,9 м-ге дейін өзгереді.

Желі габариті электр өрісінің кернеулігіне және көлік қауіпсіздігіне, байланыс желілеріне, сымдар астында болуы мүмкін адамдар мен жануарларға байланысты беріледі. 750 кВ және одан жоғары ӘЖ үшін габарит биоқорғау және қоршаған ортаны қорғау, мысалы, радио және акустикалық кедергілерден қорғау талаптарын ескере отырып беріледі. Әртүрлі кернеулі ӘЖ үшін жерге және қиылысатын объектілерге дейінгі ең аз рұқсат етілген қашықтықтар әртүрлі және қатаң анықталған. $h_г$ мәні 2.1-кестеде келтірілген

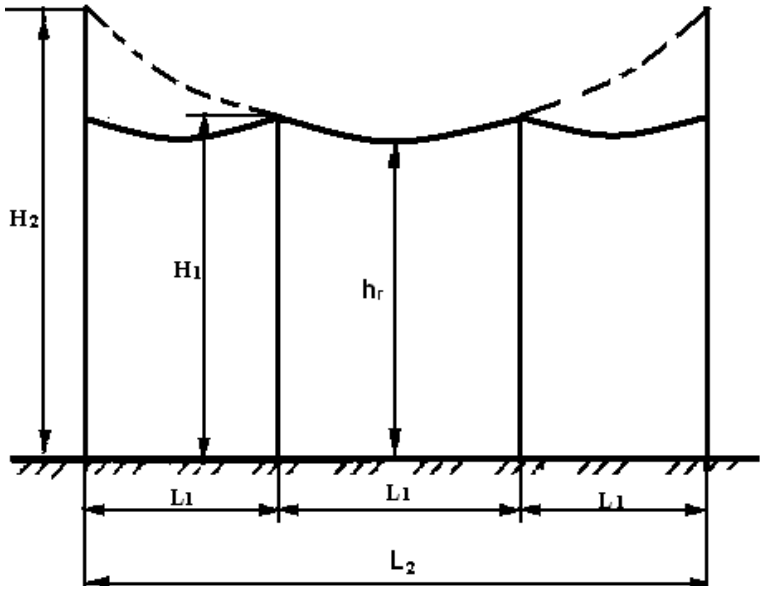
2.1-кесте - Әуе желілері сымдарының жерге дейінгі ең аз рұқсат етілген арақашықтығы, м

Желілердің өту ауданы	Желілердің номиналды кернеуі, кВ					
	1-ге дейін	6-10	20	35-110	150	220
Қоныстанбаған жерде	6	6	6	6	6,5	7
Жету қиын жерде	3,5	5	5	5	5,5	6
Елді мекенде, өнеркәсіптік кәсіпорындар аумағында қалыпты режимде	6	7	7	7	7,5	8

Желілердің өту ауданы	Желілердің номиналды кернеуі, кВ				
	330	500	750	1150	±750
Қоныстанбаған жерде	7,5	8	11,5-12	17-17,5	11,5
Жету қиын жерде	6,5	7	9,5-10	14-14,5	10,5
Елді мекенде, өнеркәсіптік кәсіпорындар аумағында қалыпты режимде	8	8	-	-	-

L аралығының ұзындығы және тіректер биіктігінің H өзара байланысы $h_г$ өзгермейтін габариті кезінде 2.12 сурет-те суреттеледі. $l_2>l_1$ кезінде аралықтың ұзындығын ұлғайту кезінде, яғни $h_г$ =const сақтау үшін тіректердің биіктігін арттыру қажет. lжәне $h_г$ = constұлғайған кезде тіректер санының азаюы олардың биіктігін H арттыру қажеттілігіне әкеледі. Осылайша, аралықтың ұзындығын таңдау ӘЖ құнына және оның техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне әсер етеді. Аралықтың ұзындығы (2.1) бойынша есептелген $f_{нб}$ салмақ салуының рұқсат етілген ең үлкен жебесі негізінде, сондай-ақ сымдарды механикалық беріктікке есептеу нәтижелері

негізінде анықталады. 2.2-кестеде белгілі бір габариттер кезінде әр түрлі кернеудегі ӘЖ конструктивтік өлшемдері келтірілген.



2.12-сурет - Аралық ұзындығы мен тірек биіктігінің өзара байланысы

ӘЖ зақымдану себептері негізінен келесі факторлармен: асқын кернеулермен (атмосфералық және коммутациялық), қоршаған орта температурасының өзгеруімен, желдің әсерінен, сымдарда мұз қатудың пайда болуымен, вибрациямен, сымдардың «секіруімен», ауаның ластануымен түсіндіреді. Аталған факторлардың кейбірінің қысқаша сипаттамасын келтірейік.

2.2 кесте – ӘЖ құрылымдық өлшемдері

Номиналды кернеу, кВ	Сымдар арасындағы қашықтық, м	Аралықтың ұзындығы l *l*, м	Тіректің биіктігі *H,* м	Желі габариті $h_г$, м
0,5	40 – 50	8–9	6–7	0,5
1	50 –100	10	6–7	1
3	150 –200	10	6–7	3
4	170 –250	13 – 14	6–7	4
7	250 –350	25–30	7–8	7
9	300 – 400	25–30	7,5–8	9
12	350 –450	25–30	8	12
15	450 –750	30–41	10–12	15
21,7 – 26	–	33,1–54	14,5–17,5	21,7 – 26
22,4 – 40,4	–	28,1–38,4	10,5–11,5	22,4 – 40,4

Желілердегі атмосфералық асқын кернеулер найзағай құбылыстарына байланысты пайда болады. Мұндай қысқа мерзімді асқын кернеулерде оқшаулау аралықтарының тесілуі, атап айтқанда, оқшаулаудың жабылуы, ал кейде оның бұзылуы немесе зақымдануы жиі туындайды. Оқшаулауды жабу әдетте доғаның пайда болуымен қатар жүреді, ол асқын кернеуден кейін де, яғни жұмыс кернеуінде де сақталады. Доғаның пайда болуы қысқа тұйықталу дегенді білдіреді, сондықтан зақымдалу орнын автоматты түрде өшіру керек.

Коммутациялық (ішкі) асқын кернеу ажыратқыштарды қосу және ажырату кезінде пайда болады. Олардың желілік құрылғыларды оқшаулауға әрекеті атмосфералық асқын кернеулердің әсеріне ұқсас. Жабу орнын да автоматты түрде өшіру керек. 220 кВ дейінгі желілерде әдетте оқшаулау деңгейін анықтайтын атмосфералық асқын кернеулер аса қауіпті. 330 кВ және одан жоғары желілерде қауіпті коммутациялық асқын кернеу.

Ауа температурасының өзгеруі жеткілікті үлкен, интервал-40-тан +40 °С-қа дейін болуы мүмкін, сонымен қатар ӘЖ сымдары токпен қызады және экономикалық жағынан тиімді қуат кезінде сым температурасы ауадан 2-5° жоғары болады. Ауа температурасының төмендеуі қыздыру бойынша рұқсат етілген температура мен сым тогын ұлғайтады. Сонымен бірге температураның төмендеуі кезінде сым ұзындығы азаяды, бұл бекітудің бекітілген нүктелерінде механикалық кернеуді арттырады.

Сымдар температурасының жоғарылауы оларды күйдіруге және механикалық беріктіктің төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, температура жоғарылаған кезде сым ұзарады және салмақ жебелері артады. Нәтижесінде габариттер мен оқшаулағыш қашықтықтар бұзылуы мүмкін, яғни ӘЖ жұмысының сенімділігі мен қауіпсіздігі төмендеуі мүмкін. Жел әрекеті қосымша көлденең күштің пайда болуына, демек сымдарға, тростарға және тіректерге қосымша механикалық жүктемеге әкеледі. Бұл ретте сымдар мен тростардың тартылуы және олардың материалының механикалық кернеуі артады. Сондай-ақ тірекке қосымша майыстырушы күш пайда болады. Қатты желдерде бірқатар желі тіректерінің бір мезгілде сынуы мүмкін.

Сымдардағы мұздың пайдаболуы, жаңбыр мен тұман тамшыларының, сондай-ақ қардың, аяздың және басқа да салқындатылған бөлшектердің түсуі нәтижесінде пайда болады. Мұзды түзілімдер сымдарға, тростарға және тіректерге қосымша тік күштер түрінде едәуір механикалық жүктеменің пайда болуына әкеледі. Бұл сымдардың, тростардың және желі тіректерінің беріктілік қорын төмендетеді. Жекелеген аралықтарда сымдардың ілу жебелері өзгертіледі, сымдар жақындап, оқшаулау қашықтықтары қысқарады. Мұзды түзілімдер нәтижесінде сымдардың үзілуі және тіректердің сынуы, сымдардың жақындауы және тұйықталуы, оқшаулағыш аралықтардың жабынымен тек асқын кернеу кезінде ғана емес, сонымен қатар қалыпты жұмыс кернеуі кезінде де пайда болады.

Вибрация - бұл жоғары жиіліктегі (5-50 Гц), толқын ұзындығы аз (2-10 м) және елеусіз амплитудасы бар (2-3 диаметр сымның) сымдардың тербелісі. Бұл тербелістер үнемі орын алады және әлсіз желден пайда болады,

себебі ауа сымы бетін ағытатын ағынның құйындауы пайда болады. Вибрациядан сымдар материалының «шаршаңқылығы» пайда болады және сымдар бекіту орындарының жанында жеке сымдардың үзілуі қысқыштарға жақын, тіректердің жанында болады. Бұл сымдар қимасының әлсіреуіне, ал кейде олардың үзілуіне әкеледі.

Сымдардың «секіруі» - бұл олардың жиілігі аз (0,2-0,4 Гц), толқын ұзындығы үлкен (шамамен бір-екі аралық) және жоғары амплитудасы (0,5-5 м және одан да көп) тербелістері. Бұл тербелістердің ұзақтығы әдетте үлкен емес, бірақ кейде бірнеше тәулікке жетеді. Сымдардың секіруі әдетте қатты жел мен көктайғақ кезінде, көбінесе үлкен қималы сымдарда байқалады. Сымдар секірген кезде сымдар мен тіректердің үзілуіне әсер ететін үлкен механикалық күш пайда болады. Сымдар секіргенде оқшаулау арақашықтығы қысқартылады, тербелістің үлкен амплитудасына байланысты кейбір жағдайларда сымдар ағады, осыған байланысты желінің жұмыс кернеуі кезінде жабулар болуы мүмкін. Сымдардың секіруі сирек байқалады, бірақ ӘЖ ең ауыр аварияларға әкеледі.

ӘЖ жұмысына қауіпті ауаның ластануы күлдің, цемент шаңының, химиялық қосылыстардың (тұздардың) және т. б. болуына байланысты. Бұл бөліктердің желілер мен электр техникалық жабдықтар оқшауламасының ылғалды бетінде шөгуі өткізгіш арналардың пайда болуына және оқшаулаудың әлсіреуіне алып келеді, оны тек қана асқын кернеу кезінде ғана емес, қалыпты жұмыс кернеуінде де жабу мүмкіндігі болады.

Теңіз жағалауындағы ауада тұздардың көп болуына байланысты ластануы алюминийдің белсенді тотығуына және сымдардың механикалық беріктігінің бұзылуына әкелуі мүмкін. Ағаш тіректері бар ӘЖ зақымдануына олардың ағаштарының шіруі әсер етеді. ӘЖ жұмысының сенімділігіне олардың жұмысының басқа да кейбір жағдайлары әсер етеді, мысалы, топырақтың қасиеттері, бұл әсіресе Қиыр Солтүстіктегі ӘЖ үшін маңызды.

ӘЖ құрылымдық бөлігін жобалау кезінде **есептік климаттық жағдайлар** мен механикалық беріктілікті арттыру жөніндегі іс-шаралар желдің жылдамдығы мен көктайғақтың пайда болуы мен найзағай белсенділігі бойынша ТМД аумағын аудандастыру карталарына сәйкес таңдалады. Аудандастыру карталары көпжылдық метеорологиялық бақылаулардың деректері бойынша жасалған. Осы карталардың мәліметтері бойынша ТМД аумағы желдің жылдамдығы бойынша I-VII аудандарға және I—IV аудандарға және көктайғақ қабырғасының қалыңдығы бойынша ерекше аудандарға бөлінген. Климаттық жағдайлардың сипаттамасы 2.3 және 2.4 кестелерде келтірілген.

2.3-кесте - Жер бетінен 15 м дейінгі биіктіктегі желдің ең жоғарғы нормативтік жылдамдық қысымы

Аудандар	Желдің жылдамдық қысымы, Па (желдің жылдамдығы, м/с),		
	5 жылда 1 рет	10 жылда 1 рет	15 жылда 1 рет
I	270(21)	400 (25)	550 (30)

II	350(24)	400(25)	550 (30)
III	450(27)	500(29)	550 (30)
IV	550 (30)	650 (32)	800 (36)
V	700 (33)	800 (36)	800 (36)
VI	850 (37)	1000 (40)	1000(40)
VII	1000(40)	1250 (45)	1250(45)

2.4-кесте - Биіктік үшін көктайғақ қабырғасының нормативтік қалыңдығы

Көктайғақ бойынша аудандар	Көктайғақ қабырғасының нормативтік қалыңдығы, мм, қайталанатын		
	5 жылда 1 рет	10 жылда 1 рет	15 жылда 1 рет
I	5	5	Бақылау деректері негізінде, бірақ кемінде 10 мм
II	5	10	
III	10	15	
IV	15	20	
Ерекше	байқаулар бойынша нақтылаумен 20 және одан да көп	байқаулар бойынша нақтылаумен 20 және одан да көп	

ӘЖ механикалық беріктігін арттыру жөніндегі іс-шаралар олардың сенімділігін арттыру үшін зор маңызға ие. ӘЖ найзағай әсерінен қорғау үшін металл және темірбетон тіректерде тростармен жабдықталады. Қатты көктайғағы (III және одан жоғары) бар аудандарда сымдары тік орналасқан ӘЖ қолданылмайды.

Ауасы ластанған жерлерде беті неғұрлым дамыған оқшаулағыштар қолданылады. Теңіз жағалауында ӘЖ орындау кезінде алюминийдің арнайы қорытпаларынан жасалған сымдар қолданылады. Вибрациядан қорғау үшін сымдарға ілінген жүк түрінде арнайы вибрация басқыштар қолданылады.

Сымдар мен тростарды механикалық беріктікке есептеу ерекшеліктері:

1) ӘЖ 5-15 жылда кемінде 1 рет қайталанатын жағдайларға байланысты есептеледі;

2) ӘЖ механикалық жүктемелері өте кең шектерде өзгереді;

3) сым қимасы, әдетте, электрлік есеппен анықталады.

ӘЖ жобалау кезінде кез келген климаттық жағдайларда олардың сенімді жұмысын қамтамасыз ету міндеті қойылмайды. Есептік жүктемелер 500 кВ ӘЖ үшін соңғы 15 жылда кемінде 1 рет, 10 жыл - 110 – 330 кВ ӘЖ үшін және 5 жыл – 35 кВ және одан төмен ӘЖ үшін байқалатын климаттық жағдайлардың ең нашар үйлесімділігіне сүйене отырып анықталады. Бұл 110-330 кВ ӘЖ жобалайды және олар 10 жылдан астам кезеңде қайталанатын

өте сирек жағдайларда (мысалы, дауыл желдерде) зақымдануы мүмкін. Мұндай сирек авариялар кезіндегі халық шаруашылығы залалы осы ерекше жағдайларда сенімді жұмысқа есептелген ӘЖ құрылысы үшін қажет болатын қосымша шығындардан аз.

ӘЖ сымдары мен тіректері өте кең шектерде өзгеретін механикалық күштердің әсерінен болады. Мұздан сымға түсетін жүктеме нөлден бірнеше тоннаға дейін, ауа температурасы +40-тан -40 °С дейін өзгеруі мүмкін, жел болмауы немесе дауыл күші болуы мүмкін.

Желдің және көктайғақтың есептік жүктемелері ықтимал сипатқа ие және оларды анықтау кезінде статистикалық талдау нәтижелері пайдаланылады. ӘЖ сымдарының қималары экономикалық аралықтар бойынша не токтың экономикалық тығыздығы бойынша, ал кейбір жағдайларда – кернеудің рұқсат етілген шығыны бойынша немесе қыздыру бойынша таңдалады. Механикалық беріктілік шарттары бойынша сымдардың ең аз қималары екі жағдайда шектеледі. Жол берілмейді:

1) 2.6-кестеде келтірілген ток өткізгіш бөлігінің қимасы аз сымдарды қолдану.

2.6-кесте - Сымдардың ең аз рұқсат етілген қимасы (ток өткізгіш бөлігі), мм^2

Желінің номиналды кернеуі	Желі учаскелерінің сипаттамасы	Сымдар				
		алюминий	Болат-алюминий	АЖ алюминий қорытпасы	Болат	
					көпсымды	бірсымды
1 кВ дейін	Енгізуге арналған тармақтардан басқа барлық учаскелерде Енгізу тармақтары	16	10	-	25	∅4
		16	-	16	—	∅3-4
Жоғары 1 кВ	Көктайғақ қабырғасының қалыңдығы кезінде барлық учаскелерде, мм:					
	10 - ге дейін	240	35	120	—	—
	15 және 20	240	50	120	—	—
	35-тен артық	240	70	120	—	—

2) 2.7-кестеде көрсетілгеннен үлкен аралықтарда белгілі бір маркалы сымдарды ілу [14].

2.7-кесте - Ең үлкен рұқсат етілетін аралықтар, м

Маркасы сымдар	Көктайғақ қабырғасының қалыңдығы, мм			Маркасы сымдар	Көктайғақ қабырғасының қалыңдығы, мм		
	10 - ге дейін	15	20		10 - ге дейін	15	20
А 35	140	-	-	АС 35/6,2	320	200	140
А 50	160	90	60	АС 50/8	360	240	160
А 70	190	115	75	АС 70/11	430	290	200
А 95	215	135	90	АС 95/16	525	410	300
А 120	270	150	110	АС 120/19	660	475	350
А 150	335	165	130	ПС25	520	220	150
АС 25/4,2	230	—	—		230	—	—

2.4 Электр берілісінің кабельдік желілерін

Күштік кабельдер бір-бірінен және жерден оқшаулаумен бөлінген бір немесе бірнеше ток өткізгіш желілерден тұрады. Оқшаулау бетін ылғалдан, қышқылдардан және механикалық зақымданудан сақтау үшін оған қорғаныс қабатын және қорғаныс жабыны бар болат таспалы бронь салады. Токөткізгіш желілер, әдетте, алюминийден бір сымды (қимасы 16 мм2 дейін), сондай-ақ, көп сымды түрінде жасалады. Мыс талсымы бар кабельдерді қолдану тек белгіленген жағдайларда ғана қарастырылған, мысалға, жарылу қаупі бар үй-жайларда, газ бен шаң бойынша қауіпті шахталарда. 1 кВ дейінгі айнымалы токта төрт талсымды кабельдер қолданылады, төртінші, нөлдік желі қимасы негізгілерге қарағанда аз. 35 кВ дейінгі айнымалы ток желілеріндегі кабельдер үш талсымды, 110 кВ және одан жоғары кабельдер бір талсымды болып келеді. Тұрақты токта бір талсымды және екі талсымды кабельдер қолданылады.

Оқшаулама арнайы минералды май сіңдірілген және ток өткізгіш талсымдарға таспа түрінде салынатын кабель қағаздан жасалады. Тік және тік ылди жолдарда кабельдерді төсеген кезде сіңіргіш құрамын кабель бойымен жылжытуға болады. Сондықтан мұндай жолдар үшін жұтаң-сіңдірілген оқшауламасы және сіңірмейтін құрамы бар кабельдер дайындалады. Сондай-ақ, резеңке немесе полиэтилен оқшауламасы бар кабельдер де дайындалады.

Ылғал мен ауадан қорғау үшін оқшаулағыштың үстіне салынатын қорғаныс қаптамасы қорғасын, алюминий немесе поливинилхлоридті болады. Алюминий қапамалы кабельдерді кеңінен пайдалану ұсынылады.

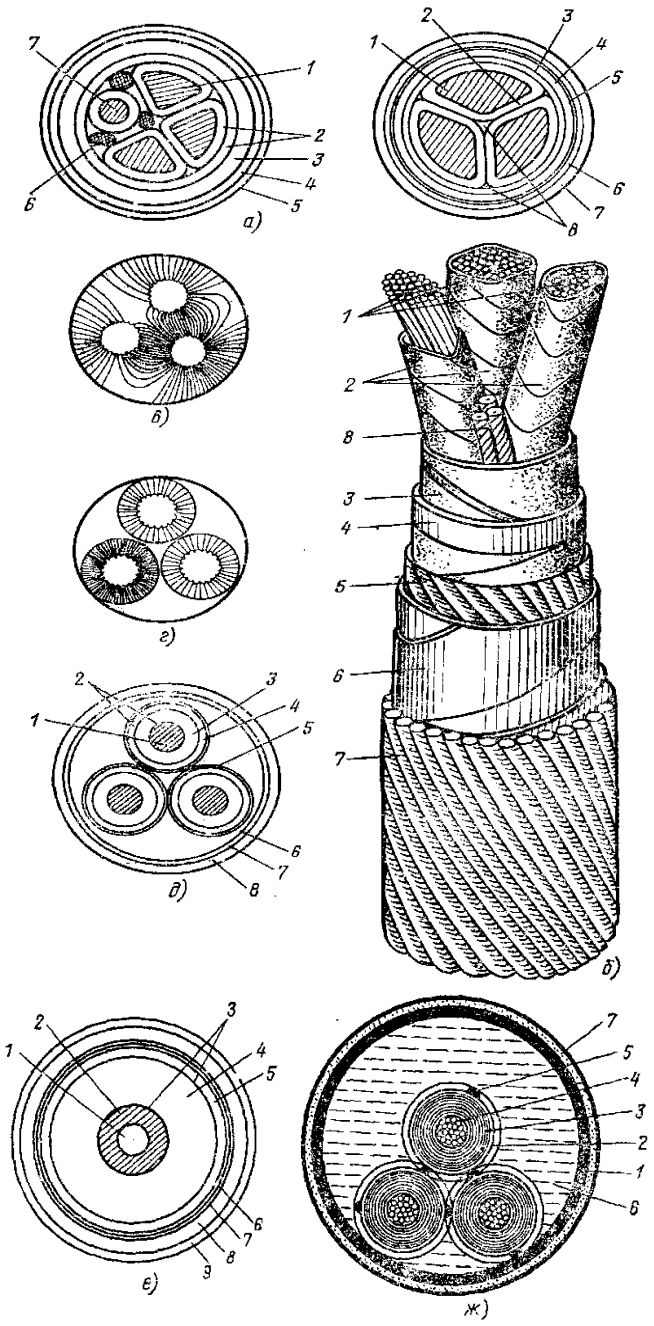
Қорғасын қаптамалы кабельдер су астында, көмір және қатпарлы тас шахталарда, аса қауіпті тоттануы белсенді орталарда төсеуге арналған. Қалған жағдайларда қорғасын қаптамалы кабельдерді таңдау үшін арнайы техникалық негіздеулер қажет.

Қорғасын, алюминий немесе поливинилхлоридті қаптамаларды механикалық зақымданудан қорғау керек. Ол үшін қаптамаға болат таспалардан немесе сымдардан жасалған бронь салынады. Алюминий қаптама мен болат бронь өз кезегінде тоттанудан химиялық әсерден және жердегі жылжымалы токтардан қорғалуы тиіс. Ол үшін қптамалар мен броньдар арасында, сондай-ақ броньның үстіңгі бетіне ішкі және сыртқы қорғаныс қабаты салынады. Ішкі қорғаныс қабаты (немесе бронь астындағы тұғырық) бұл – сіңдірілген мақта иірімжіптен немесе кабельдік сульфат қағаздан жасалған кендір қабат. Бұл қағаздың үстіне тағы да екі поливинилхлоридті таспа салынады.

Сыртқы қорғаныс қабаты да тоттануға қарсы құраммен сіңдірілген кендірден тұрады. Туннельдерде және өрт қауіпті басқа да жерлерде төсеу үшін жанбайтын қорғаныс қабаты бар арнайы кабельдер қолданылады.

Кернеуі 10 кВ дейінгі кабельдер 2.13, а, б. суретте бейнеленген. 2.13 *а* суретте 1 кВ дейінгі төрт талсымды кабель бейнеленген: *1* – ток өткізгіш фазалық талсымдар; *2* – қағаз фазалық және белдік оқшаулама; *3* – алюминий немесе қорғасынды қорғаныс қабықша; *4* – болат бронь; *5* – қорғаныс қабат; *6* – қағазбен толтырылған; *7* – нөлдік талсым.

2.13 б суретте 1-10 кВ үш талсымды қағаз оқшаулағышы бар кабель бейнеленген: *1* – мыс немесе алюминий ток өткізгіш талсым; *2* – фазалық оқшаулама; *3* – жалпы белдік оқшаулама; *4* – қорғасын немесе алюминий қабықша; *5* – бронь астындағы тұғырық; *6* – болат бронь; *7* – қорғаныс жабындары; *8* – толтыру.



2.13-сурет. Күштік кабельдер: *а* – 1 кВ дейін төрт талсымды; *б* – 1–10 кВ сіңдірілген қағаз оқшаулағышы бар; *в, г* –белдік оқшаулағышы және экрандалған немесе қорғасындалған талсымдары бар кабельдегі электр өрісі; *д*–110-220 кВ төмен қысымды май толтырылған; *ж*–220 кВ жоғары қысымды май толтырылған.

1-10 кВ кабельдердің үш талсымының әрқайсысында секторлық формасы бар және фазалық оқшаулағышпен оралған (кабельдік қағаздың сіңдірілген екі немесе одан да көп таспалы қабаттарымен). Талсымдар арасындағы кеңістік сульфат қағаздан жасалған жгуттармен толтырады *8*. Талсымның үстіне кабель талсымының фазалық оқшауламасы сияқты сондай құрылымның жалпы белдік оқшауламасы *3* салынады (2.13, б сурет).

Белдік оқшауламасы және жалпы металл қабаты бар кабельдердегі электр өрісінің күштік желілерінің қағаз қабатына қатысты әртүрлі көлбеу бұрыштары бар (2.13, б сурет), бұл өрістердің қалыпты және жанама (тангенциальді) құрауыштарын негіздейді. Бұл кабельдің қасиеттерін айтарлықтай нашарлатады, себебі қағаз қабатының бойындағы оқшаулаудың электрлік беріктігі қағазға күштік желілердің қалыпты бағытындағы беріктікпен салыстырғанда 8-10 есе аз. Толтырғыштардың электрлік беріктігі де сіндірілген оқшаулағышқа қарағанда айтарлықтай төмен. Осыған байланысты белдік оқшауламасы және жалпы металл қабаты бар кабельдердің жетіспеуінен 10 кВ жоғары кернеуге қолданылмайды.

20-35 кВ үш талсымды кабельдер бөлек қорғасындалған немесе экрандалған талсымдардан тұрады (2.13, г, д сурет). Бірінші жағдайда (2.13, д сурет) тігіссіз қорғасынды қабат *4* әрбір талсымның қағаз фазалық оқшаулауының *3* үстіне салынған.

Экрандалған талсымы бар кабельде әрбір талсымның қағаз оқшаулағышының үстіне тесілген мыс таспаның немесе тесілген металдандырылған жасалған таспаның экран-қабаты салынған. Қорғасын қабықша немесе экран фазалық оқшаулауда электр өрісінің радиалды күштік желілері ғана бар әрбір фаза оқшаулағышының айналасында эквипотенциалды бетін қалыптастырады (2.13, г сурет). Талсымдардың беткі қабатындағы қорғасын қабықшалар фазаларды оқшаулаудағы жылу өрістерін де салыстырады. 2.13, д суреттегі 20 және 35 кВ кабельде: *1* – дөңгелек ток өткізгіш талсым; *2* – жартылай өткізгіш экрандар; *3* – фазалық оқшаулама; *4* – қорғасын қабығы; *5* – тірек. Қорғасын талсымдар арасы сіндірілген кабельдік иірімжіппен толтырылған *6*. Барлық үш талсым бір-бірімен бұралған және болат броньмен *7* қапталған. Тоттанудан қорғайтын қорғаныс қаптама – битум құрамымен сіндірілген кабельдік иірімжіп *8*.

Газ толтырылған кабельдер 10-110 кВ кернеуінде қолданылады.

Бұл аз мөлшерде компаундамен біркелкі сіңірілген оқшаулағыш қағазы бар қорғасындалған кабельдер. Кабель инертті газдың (әдетте азоттың) аз мөлшердегі артық қысымында болады, бұл қағаздың оқшаулағыш қасиеттерін айтарлықтай арттырады. Қысымның тұрақтылығы газдың кемуі үздіксіз қоректендірумен орын толтыру арқылы қамтамасыз етіледі.

110 және 220 кВ айнымалы ток кабельдері маймен толыққан және, әдетте, бір талсымды болып келеді. 110 және 220 кВ-қа арналған қағаз сіңірілген оқшауламасы бар маймен толыққан кабельдің конструкциясы 2.13, е суретте көрсетілген: *1* – май өткізгіш канал; *2* – фасонды қалайыланған сымдардан оралған қуыс ток өткізгіш талсым; *3* – жартылай өткізгіш қағаздың екі – үш таспасынан жасалған экран; *4* – оқшаулау; *5* – металл қабықша; *6* – поливинилхлоридті таспадан жасалған тірек; *7* – мысты күшейткіш таспалар; *8* – бронь; *9* – қорғаныс жабындар. Бұл кабельдер жоғары вольтты мұнай немесе тұтқырлығы аз синтетикалық май сіңірілген тығыздығы әртүрлі қағаз таспалардан оқшаулаумен жасалады.

Бұл кабельдердің май өткізгіш каналы арнайы муфталар арқылы төсем трассасы бойынша 0,3 МПа-ға жетуі мүмкін қысым бактарымен жалғанады.

Майдың артық қысымы кабельдің оқшаулауында қуыстың пайда болу мүмкіндігін болдырмайды және оның электрлік беріктігін едәуір арттырады. Қысым мәні бойынша майы бар кабельдер төмен және жоғары қысымды кабельдерге бөлінеді (2.13, е сурет). Төмен қысымды кабельдердегі майдың ұзақ рұқсат берілетін артық қысым 0,06–0,3 МПа, ал жоғары қысымды кабельдерде –1,1–1,6 МПа шегінде болуы тиіс. Жоғары қысымды кабельдер тік трассаларда 220-500 кВ өте орынды.

Мұндай 220 кВ кабельдің құрылымы 2.13, ж суретте көрсетілген. Бір фазалы үш кабель қорғаныс жабынымен *7* жабылған және 1,5 МПа дейін артық қысымдағы оқшаулау майымен *6* толтырылған болат құбырда *1* орналасқан. Мыс дөңгелек сымдардан жасалған ток өткізгіш талсымның *4* тұтқыр сіңірілген қағаз оқшаулағышы *3* болады. Оқшаулама мен жартылай өткізгіш қағаз таспалардың үстіне мыс тесілген таспа *2* (экран), ал оның үстіне болат құбырда жүргізу кезінде бүлінуден оқшаулауды механикалық қорғау үшін қызмет ететін жартылай дөңгелек екі қола сым *5* салынған және одан басқа, майдың айналымын жақсартуға ықпал етеді.

Мұндай кабельдегі қорғасын қабығы тек тасымалдау мен сақтау кезеңінде ғана қажет; кабельді болат құбырға тарту кезінде оны алып тастайды.

Кабельдердің маркалары бастапқы әріптерден, олардың құрылымын сипаттайтын сөздерден тұрады. Бірінші А әрпі алюминий талсымдарға сәйкес келеді, белгінің болмауы – мыс талсым. Кабельдердің қабығы мынадай әріптермен белгіленеді: А – алюминий, С–қорғасын, В – поливинилхлоридті, Н – резеңке, наиритті; П–полиэтилен; бөлек қорғасындалған желілері бар кабельдер О әрпімен таңбаланады.

Әртүрлі брондалған қорғаныс жабындары бар кабельдердің маркаларының белгіленуі мынадай әріптермен белгіленеді: Б–болат таспалар, П–жалпақ болат мырышталған сымдар, К-осындай сымдар, бірақ дөңгелек.

Кабель конструкциясында броньның және қорғаныс қабатының болмауы Г әрпімен белгіленеді. Төмен қысымды май толтырылған кабельдер МН әріптерімен кабель атауының басында таңбаланса, жоғары қысымды кабельдер – МВД әріптерімен таңбаланады.

Мысалы, 2.13, а, б, суретте бейнеленген мыс талсымы мен қорғасын қабығы бар кабельдерге СБ маркасы, ал алюминий талсымы мен алюминий қабығы бар кабельдерге ААБ маркасы сәйкес келеді. 2.13, д суретте бейнеленген мыс талсымды кабельге ОСБ маркасы сәйкес келеді.

Кабель маркасымен бірге әдетте кабельдің ток өткізгіш сымдарының саны мен қимасы көрсетіледі. Мысалы, СБ 3Х95: қимасы 95мм^2 үш мыс талсымды болат таспалармен брондалған қорғасын қабығындағы кабель.

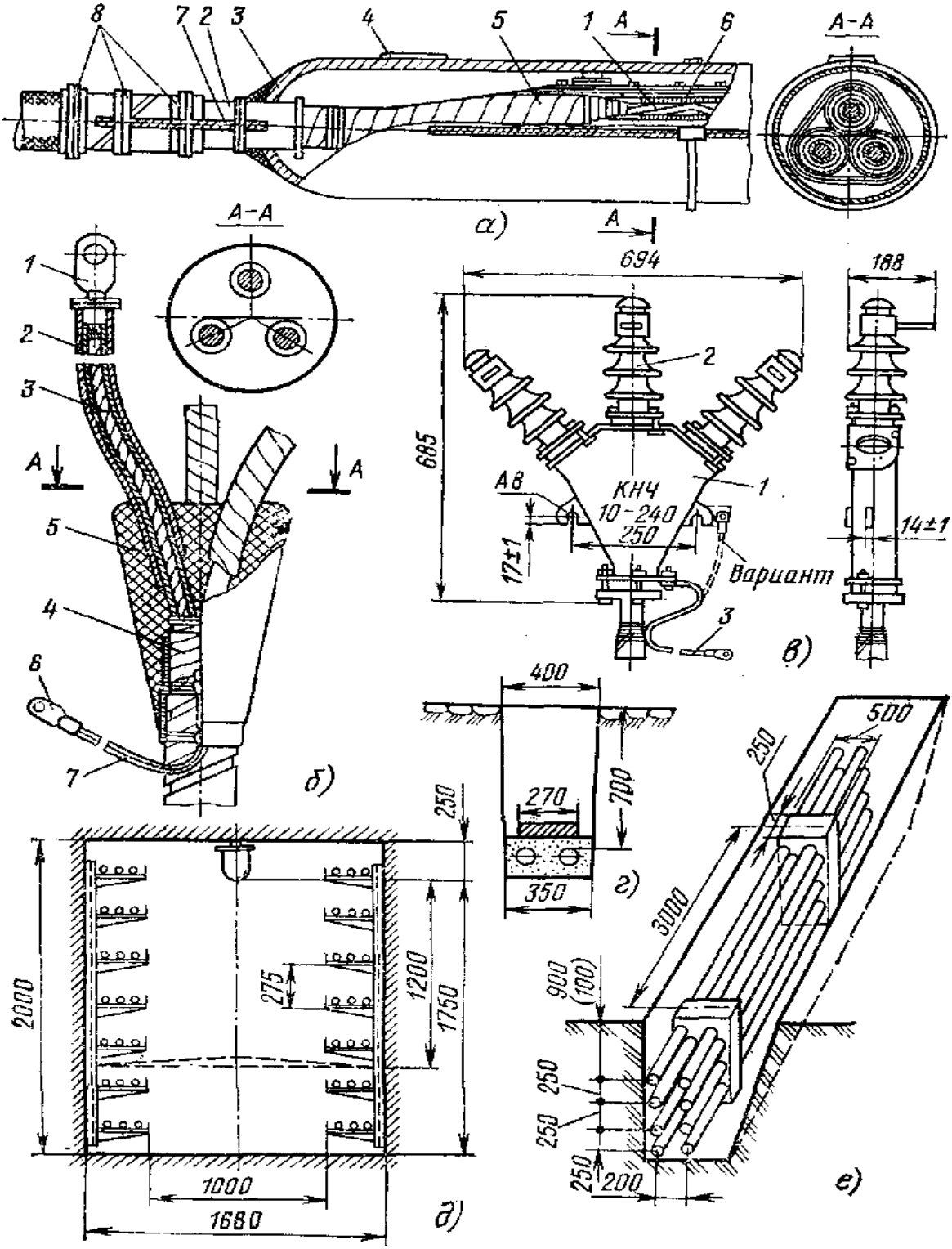
Кабельді арматура кабельдің жекелеген кесінділерін (құрылыстық ұзындық) қосуға, сондай-ақ кабельдердің ұштарын аппаратураға немесе тарату құрылғыларының шиналарына қосуға арналған.

Кабель кесінділерін қосуға арналған арматура – *жалғастырушы муфталар*. Ашық ауада және үй – жайлардың ішінде кабельдерді ұштауға арналған арматура – шеткі муфталар және шеткі бітеулер. Осы барлық муфталар мен бітеулердің негізгі мақсаты – кабельдерді жалғау және ұштау орындарында герметизациялау.

Жалғағыш муфта 2.14, а суретте бейнеленген. Оқшаулаудан тазаланған кабель талсымының ұштарын *1* дәнекерлеу немесе пісіру арқылы арнайы жалғастырушы гильзаларда *6* бір-бірімен жалғайды және кабельді қағаз таспалармен оқшаулайды (орамдармен орау *5*).

Талсым қосылыстарының үстінен қорғасын муфтасының корпусын *3* кигізеді, оның ұштары кабельдің қорғасын (немесе алюминий) қабықшасына *2* дәнекерленеді. Арнайы құю тесіктері арқылы *4* муфтаны кабель массасымен толтырады. Осыдан кейін тесік пісіріледі. 2.14, а суретте жерлендіру сымдары *7*, бандаждар *8*.

Қорғасынды жалғастырушы муфталарды жерге төсеу кезінде механикалық зақымданудан шойыннан немесе шыны пластиктен жасалған қорғаныс қаптамаларымен қорғалады.



2.14-сурет. Арматура және кабельдерді төсеу тәсілдері: *а* – 6-110 кВ кабельдерге арналған қорғасын жалғастырушы муфта; *б* – талсымдарында пластмасса түтіктері бар КВЭ типті ұштық өңдеме; *в* – 6-10 кВ кабельдерге арналған КНЧ типті сыртқы қондырғының үш фазалы ұштық муфта; *г* – орларда кабельдерді төсеу; *д* - кабельдік өткізу туннелі; *е* –кабель блогы

2.14, *б* суретте құрастыру кезінде кабельдік құю құрамдары қолданылмайтын КВЭ типті құрғақ соңғы өңдеу көрсетілген. Өңделген кабельдің талсымын герметизациялау *3* талсымдарға киілетін үш қабатты пластмасс түтікшелердің *2* көмегімен жүзеге асырылады. 2.14, *б* суретте: 1 – ұштық; 4 – кабельдің металл қабығы; 5 – эпоксидті компаундан жасалған корпус; 6 – жерге тұйықтау сымының ұштығы; 7 – жерге тұйықтау сымдары.

2.14 *в* суретте, кабельдерді трансформаторлармен және тарату құрылғыларымен жалғау кезінде сыртқы қондырғыларда қолданылатын тік орналасқан оқшаулағышы бар КНЧ 10-240 типті ұштық муфта көрсетілген. Бұл суретте *1* – металл корпус; *2* – фарфор оқшаулағыш; *3* – жерге тұйықтау сымы.

Арнайы аппаратура май толтырылған кабель желілерінде берілген мөлшерде май қысымын ұстап тұрады.

2.5 Электр желісі элементтеріндегі қуат шығындары

Электр энергиясы қосалқы станциялардағы кернеудің 3 ÷ 4 және одан да көп трансформациялануына ұшырай отырып, генераторлардан әртүрлі кернеулі электр желілері арқылы электр қабылдағыштарға дейін өтіп, электрмен қамтамасыз ету жүйесінде қуат пен энергияның бір бөлігін жоғалтады. Электр энергиясының шығыны кейбір жүйелерде барлық өндірілетін электр энергиясының 10 ÷ 20% жетеді.

Электрмен қамтамасыз ету жүйесінің барлық буындарында шығындарды дұрыс есептеу, олардың құрамдас бөліктерін анықтау және электр энергиясының шығынын азайту мен үнемдеудің негізгі бағыттарын белгілеу шеберлігі электр желісін дұрыс жобалау мен пайдаланудың негізгі шарты болып табылады.

Электр тораптарының элементтеріндегі активті электр энергиясының шығынын әдетте, оларды техникалық-экономикалық есептеулерде пайдалану мақсатында, сондай-ақ электр тораптары бойынша электр энергиясын беру мен таратудың меншікті құнын белгілеу кезінде анықталады.

Тораптардағы электр энергиясының шығынын анықтау үшін элементтердегі қуаттың шығынын ғана емес, сонымен қатар есептік уақыт кезеңіндегі элементтің ток жүктемесінің өзгеру заңдарын да білу қажет. Тораптың осы немесе басқа элементтің жүктемесінің берілген кестесі кезінде электр энергиясының шығынын есептеу жүктеме графигін уақыттың бірнеше сатысына бөлу жолымен орындалады, олардың әрқайсысының шегінде жүктемені өзгеріссіз деп есептеуге болады. Есеп графиктің формасы белгісіз болғанда мәселе қиындай түседі, ал оның кейбір сипаттаушы шамалары белгіленген шама болып табылады, мысалы, максималды немесе орташа жүктеме, форма коэффициенті, жүктеме коэффициенті, активті және реактивті энергия шығындары.

Жүктеме тогының шығыны кезінде өткізгіштердің қызуымен шарттасқан қуат пен энергияның жүктемелік активті шығынын және

элементті алмастыру сұлбасының өткізгіштік кернеуіне қосылған шартты бос жүрістің (тұрақты) шығынын ажыратады.

Орташа жүктеме бойынша желілердегі электр энергиясының жүктеме шығындарын есептеу

Егер $К_Ф$ жүктеме графигінің пішін коэффициенті бірлікке жақын болса, яғни орташа квадраттық жүктеме іс жүзінде орташа тең болса, онда электр энергиясының жылдық жүктемелік активті шығынын мына формула бойынша есептеу ұсынылады:

$$\Delta W_л = n(Ic.г)^2 RT_г, \qquad (2.2)$$

мұнда n - ток түріне байланысты фазалар немесе полюстер саны; R – фазаның немесе полюстің белсенді кедергісі; $I_{с.г}$ – бір жылдағы фазадағы токтың орташа жылдық мәні.

Шығын уақыты бойынша желілердегі электр энергиясының жүктеме шығындарын есептеу

Жүктеме сипаты бойынша жүктеме графигінің пішін коэффициенті $К_Ф$ бірліктен ерекшеленетінін байқаған жағдайда, немесе ең көп мөлшердегі жүктеме берілген жүктеме болған жағдайда, фазалар саны n=3 болғанда жүктеме шығындары мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta W_л = 3(Ic.г)^2 R\tau = \frac{(S_{\max})^2}{U_н} R\tau, \qquad (2.3)$$

мұнда S_{max} – желі бойынша берілетін толық ең жоғары қуат; $U_н$ – желінің номиналды кернеуі; τ – ең жоғары шығындардың жылдық уақыты мына формуламен анықталады:

$$\tau = 8760 \cdot (0{,}124 + \frac{Т_м}{10000})^2, \text{ сағ.} \qquad (2.4)$$

Бұл әдіс $Т_м$>3000 сағ. және $cos\varphi$=0,6÷0,95 кезінде айтарлықтай нақты нәтижелер береді. Бұл шамалардың мұндай шектері тәжірибеде жиі кездеседі.

Трансформаторлардағы активті электр энергиясының шығындары

Жыл бойы жұмыс істейтін, номиналды қуаты $S_{н.т}$ екі орамды трансформатордағы активті электр энергиясының шығыны мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta W_т = \Delta P_{х.х.}\ 8760 + \Delta P_{к.з.} K_з^2\ \tau, \qquad (2.5)$$

мұнда $\Delta P_{х.х}$ – бос жүріс қуатының шығыны, кВт; $\Delta P_{к.з}$ – қысқа тұйықталу қуатының шығыны, кВт; $К_з$ – трансформатордың жүктелу коэффициенті.

Егер қосалқы станцияда әрқайсысының номиналды қуаты $S_{н.т}$, қосалқы станцияның ең жоғары жиынтық жүктемесі $S_{\max\Sigma}$ болатын n бірдей трансформаторлар орнатылса, онда электр энергиясының бір жылдағы шығыны:

$$\Delta W_т = 8760 \cdot n \cdot P_{х.х.} + \frac{1}{n} P_{к.з.} K_з^2\ \tau, \qquad (2.6)$$

мұндай $K_з = \frac{S_{\max\Sigma}}{S_{н.т}}$.

Егер трансформатордың қандай да бір басқа есептік кезеңдегі (бір жылға емес) электр энергиясы шығынын анықтау қажет болса, онда екі орамды бір трансформатордың есептік кезеңдегі активті электр энергиясының шығыны мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta W_т = \Delta P_{х.х.} T_в + \Delta P_{к.з.} K_з^2 T_{р.в}, \quad (2.7)$$

мұнда $T_в$ – трансформатордың электр желісіне қосылу (қосу) уақытының саны; $K_з = \frac{S_c}{S_{н.т}}$ – трансформатордың жүктелу коэффициенті; S_c – есептік кезеңдегі трансформатордың орташа жүктемесі; $T_{р.в}$ – есептік кезеңдегі трансформатордың жұмыс уақытының саны.

Электр қабылдағыштардың электр энергиясының жылдық шығыны:

$$W_{г.ЭП} = P_{сг} T_г \approx P_р T_м, \quad (2.8)$$

мұнда $P_{сг} = P_{см} K_{э.г}$ – орташа жылдық жүктеме; $K_{э.г}$ – энергия пайдалану бойынша ауысым коэффициенті.

Жарықтандыруға арналған электр энергиясының жылдық шығыны:

$$W_{г.о} = к_{с.о.} P_{уст.о.} T_{г.о} = P_{р.о.} T_{г.о}, \quad (2.9)$$

мұнда $T_{г.о}$ – бір жылдағы шамдардың жану уақытының саны.

Кәсіпорын бойынша электр энергиясының жалпы жылдық шығыны:

$$W_г = W_{г.нн} + W_{г.вн} + W_{г.о} + \Delta W_л + \Delta W_т, \quad (2.10)$$

мұнда $W_{гнн}$, $W_{г.вн}$ – төмен кернеу мен жоғары кернеу жағындағы электр энергиясының шығыны, сәйкес; $W_{г.о}$ – жарықтандырудағы электр энергиясының шығыны; $\Delta W_л$, $\Delta W_т$ – желілердегі, трансформаторлардағы электр энергиясының шығыны.

Реактивті электр энергиясы үшін де ұқсас:

$$V_г = V_{г.нн} + V_{г.вн} + V_{г.о} + \Delta V_л + \Delta V_т - V_{г.сд.}, \quad (2.11)$$

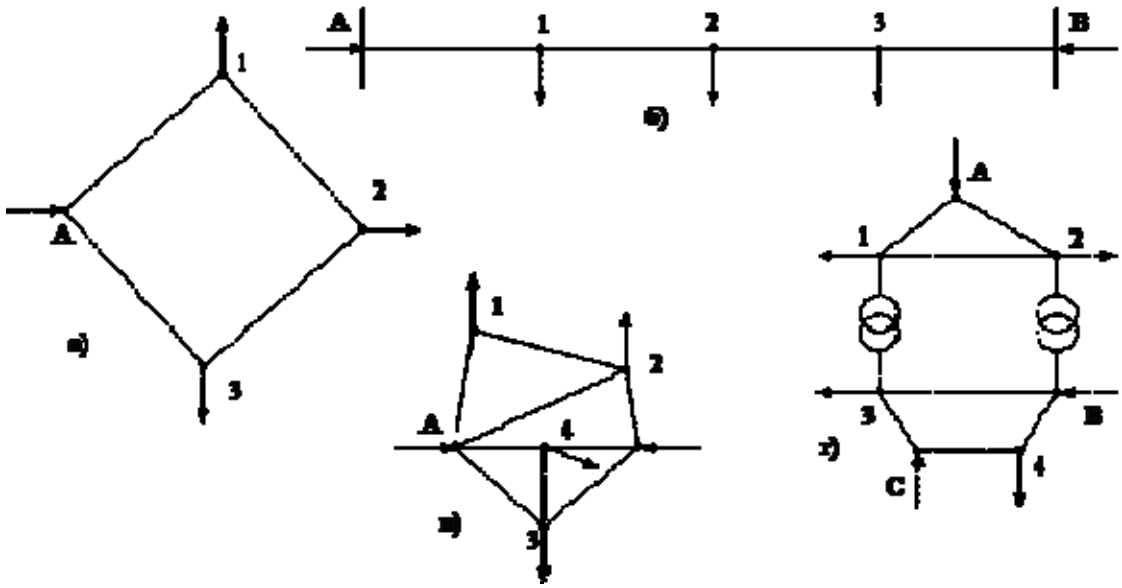
мұнда $V_{г.сд}$ – синхронды қозғалтқыштармен өндірілетін жиынтық реактивті энергия.

Жалпы алғанда кәсіпорын бойынша жуықталған есептеулерде:

$$W_г = P_р T_м, \; W_г = Q_р T_м. \quad (2.12)$$

2.6 Қарапайым және күрделі тұйық желілерді есептеу

Тұйықталған электр желілері деп электр энергиясы тұтынушыларға кемінде екі жақтан берілуі мүмкін желілерді айтады. Қарапайым тұйықталған желілерге бір контурдан тұратын немесе екі жағынан қоректенетін ашық желіні білдіретін желілер жатады. Бұл желілерде әрбір жүктеме торабы екі желіден қорек алады. Күрделі тұйықталған желілерге бірнеше контуры бар желілер жатады. Бұған қоса контурларға бір және бірнеше номиналды кернеулердің желілері кіреді.



2.15-сурет. Тұйықталған электр тораптарының сұлбалары: а – бір контурлы желі; б – екі жақты қоректенетін желі; в – бір номиналды кернеудің күрделі тұйықталған желісі; г – екі номиналды кернеу желілерімен күрделі тұйықталған желі

Тұйықталған желілердің негізгі артықшылығына тұтынушыларды электрмен қамтамасыз етудің жоғары сенімділігі және активті қуаттың аз шығынынан болатын жоғары үнемділік жатады. Желі санының көп болуына байланысты олардың қымбаттауы, сондай-ақ пайдаланудың күрделенуі кемшілігі болып табылады. Тұйықталған электр тораптарының режимдерін есептеу алшақ тұрған электр тораптарының режимдерін есептеуден қарағанда күрделірек. Тұйықталған электр тораптарында жеке учаскелердегі қуатты жүктемелер мен қуат шығынын қарапайым тізбектей қосу арқылы табады. Тұйықталған тораптарда қуатты сұлбаның тармақтары бойынша бөлу айқын емес және учаске сымдарының ұзындығы мен қимасына, түйіндер жүктемесінің шамасына және қоректендіру көздерінің кернеу режимдеріне тәуелді. Сондықтан тұйықталған тораптарды есептеу үшін арнайы әдістер қолданылады.

Алшақ тұрған тораптар сияқты тұйықталған тораптардың электрлік есебі, әдетте ең көп және ең аз жүктемелердің неғұрлым қалыпты белгіленген режимдері үшін орындалады. Алайда, алшақ тұрған тораптардан айырмашылығы, тұйықталған желілерді талдау кезінде желілердің жекелеген учаскелерін ажыратқанда апаттан кейінгі режимдерге қосымша есептеу жүргізу қажет болады. Бұл тұйықталған желі учаскесін ажырату неу режимі мен қуат ағындарының айтарлықтай өзгеруіне әкеліп сқтырады, мұндай жағдайға жол берілмейді.

Тұйықталған желілердің көптеген практикалық есептеулері ЭЕМ-де орындалады. Бір жағынан, бұл желінің контурлары, тораптары мен учаскелерінің көп саны бар нақты желілердің тарамдалуынан күрделі

есептеулермен жүргізіледі. Екінші жағынан, мұндай есептеулер үшін ЭЕМ-де жеткілікті тиімді алгоритмдер мен бағдарламалар жасалған. Тұйықталған желілерді есептеу әдістерін меңгеру электр торабының режимдерімен байланысты процестердің физикалық мәнін және ЭЕМ-де жүргізілетін есеп шарттарды түсіну үшін қажет.

Бақылау сұрақтары:

1. ӘЖ және ток сымдарының қандай маркаларын білесіз?
2. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда жиі қолданылатын кабельдердің маркаларын атаңыз.
3. Кернеуі 1 кВ жоғары желілер сымдары мен кабельдерінің қимасының ауданы қандай шарттарға жауап беруі тиіс?
4. Ауа, ток өткізгіштер қалай құрастырылды?

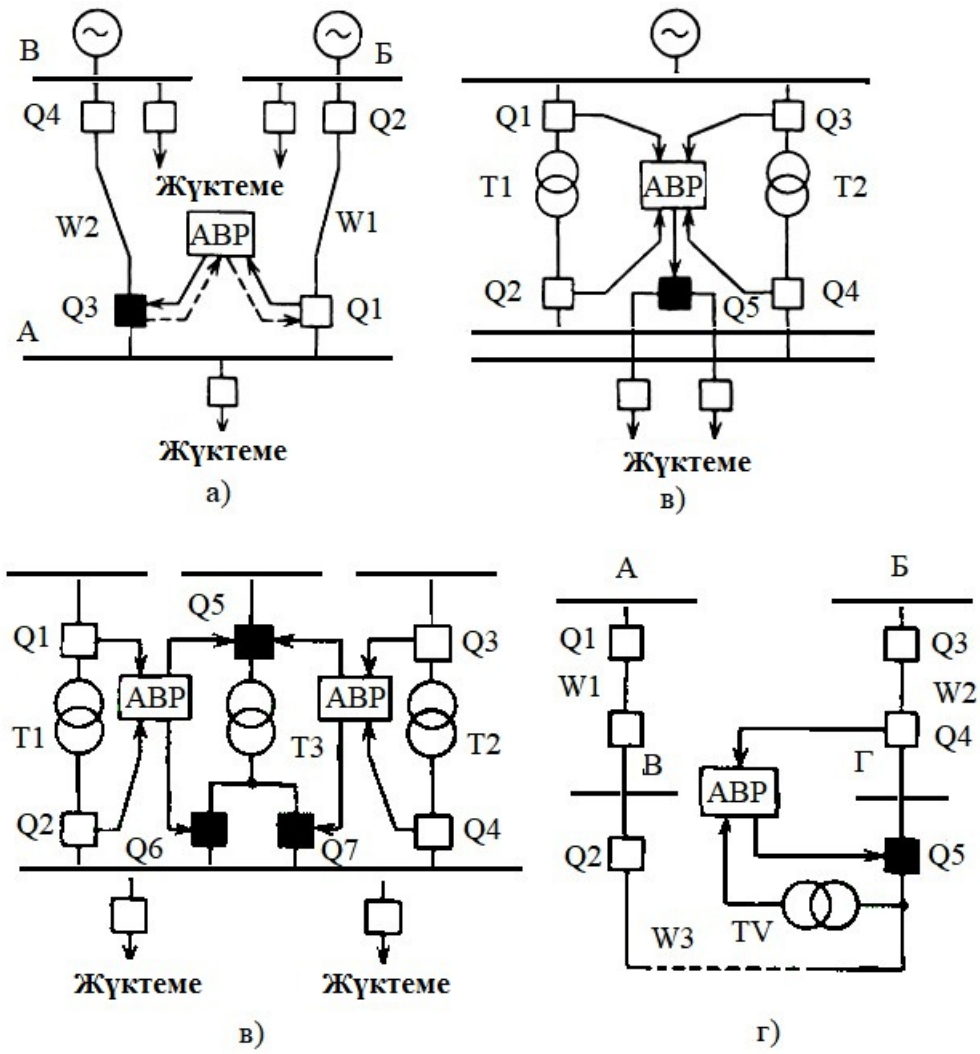
3-тарау. Энергия жүйелерінің автоматикасы

3.1 Резервті автоматты түрде қосу мақсаты және талаптары (РАҚ)

РАҚ мақсаты. Тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігінің жоғары дәрежесі екі және одан да көп көздерден (желілерден, трансформаторлардан) бір мезгілде қоректену сұлбасын қамтамасыз етеді, өйткені олардың біреуінің авариялық ажыратылуы электр қабылдағыштардың шығысындағы кернеудің шығынына әкеп соқпайды. Тұтынушылардың көп жақты қуатының осы айқын артықшылықтарына қарамастан екі және одан да көп қуат көздері бар қосалқы станциялардың мөлшері бір жақты қоректену сұлбасы бойынша жұмыс істейді. Бір жақты қуат электр станцияларының өзіндік мұқтаждықтарының секцияларында да бар. Мұны қолдану сенімділігі аз, бірақ электрмен жабдықтаудың қарапайым сұлбасы көп жағдайда ҚТ токтарының мәнін төмендету, қоректендіргіш трансформаторлардағы электр энергиясының шығынын азайту, релелік қорғанысты жеңілдету, кернеу, қуат ағыны және т. б. бойынша қажетті режимді құру үшін орынды болып табылады.

Электр желісін дамыту кезінде бір жақты қоректену жиі жалғыз мүмкін болып табылады, өйткені бұрын орнатылған жабдық пен релелік қорғаныс қоректену көздерінің параллельді жұмысын жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді. Екі немесе одан да көп көздер болған кезде тұтынушыларды біржақты қоректендірудің екі негізгі сұлбасы пайдаланылады.

Бірінші сұлбада бір көзі қосылған және тұтынушыларды қоректендіреді, ал екіншісі сөндірілген және резервте тұр. Осыған сәйкес бірінші көзі жұмысшы, ал екіншісі - резервтік деп аталады (3.1-сурет, а, б). Екінші сұлбада барлық көздер қалыпты қосылған, бірақ бөлінген тұтынушыларға бөлек жұмыс істейді. Ажыратқыштардың бірінде бөлу жүзеге асырылады (3.1-сурет, в, г).



3.1 сурет - Тұтынушылардың қоректенуінің әртүрлі сұлбалары кезінде РАҚ жүзеге асыру принциптері

Біржақты қоректендірудің кемшілігі - жұмыс көзін апаттық ажырату тұтынушылардың қоректенуін тоқтатуға әкеледі. Бұл кемшілікті тез автоматты резерв көзін қосу немесе желіні бөлу жүзеге асырылған ажыратқышты қосу арқылы жоюға болады.

Бұл операцияны орындау үшін резервті автоматты түрде қосу құрылғысының (РАҚ) атауын алған арнайы құрылғылар кеңінен қолданылады. 3.1-суретте келтірілген сұлбалар мысалында РАҚ қолдану принциптерін қарастырайық.

1. А қосалқы стансасының қоректенуі (3.1-сурет, а) Б қосалқы станциясынан W1 жұмыс желісі бойынша жүзеге асырылады. Қосалқы станциядан келетін екінші желі резервті болып табылады және кернеу астында тұрады (W2 желісінің Q3 ажыратқышы қалыпты ажыратылады). W1 желісін ажыратқан кезде РАҚ құрылғысынан автоматты түрде Q3 ажыратқышы қосылады және осылайша қосалқы станцияның тұтынушыларына қайтадан қуат беріледі. РАҚ сұлбалары бір жақты немесе екі жақты әсер етуі мүмкін. Бір жақты РАҚ кезінде W1 желісі әрқашан

жұмысшы, ал W2 желісі - әрқашан резервтік болу керек. Екі жақты РАҚ кезінде осы желілердің кез келгені жұмысшы және резервтік болуы мүмкін.

2. Электрқозғалтқыштардың және электр станциясының әрбір агрегатының өзіндік мұқтаждықтарының басқа да тұтынушыларының қоректенуі әдетте жеке жұмыс трансформаторларынан (Т1 және Т2) жүзеге асырылады. Жұмыс трансформаторын АВР сұлбасынан ажыратқан кезде автоматты түрде Q5 ажыратқышы және бір ажыратқыш - Q6 (Т1 ажыратқан кезде) немесе Q7 (Т2 ажыратқан кезде) - Т3 резервтік трансформаторы қосылады.

3. Т1 және Т2 трансформаторлары шиналардың әртүрлі жүйелеріне қосылған (3.1-сурет, в). Q5 шинажалғау ажыратқышы қалыпты ажыратылады. Жұмыс трансформаторларының кез келгенін авариялық ажырату кезінде РАҚ сұлбасынан автоматты түрде Q5 ажыратқышы қосылады, қоректенуден айырылған шиналардың жүктемесін жұмыста қалған трансформаторға жалғайды. Егер бір трансформатордың қуаты қосалқы станцияның барлық жүктемесін қоректендіру үшін жеткіліксіз болса, РАҚ жұмыс істеген кезде жауапты тұтынушылардың бөлігін ажырату үшін шаралар қабылдануы тиіс.

4. В және Г қосалқы станциялары тиісінше А және Б қосалқы станцияларынан радиалды қоректенеді (3.1-сурет, г). W3 желісі В қосалқы станциясының кернеуінде болады, ал Q5 ажыратқышы қалыпты ажыратылады. W2 желісінің апаттық ажыратылуы кезінде Г қосалқы станциясына орнатылған РАҚ құрылғысы Q5 ажыратқышын қосады, нәтижесінде Г қосалқы станциясынан қоректену W3 желісі бойынша қосалқы станцияға ауыстырылады. W1 желілерін ажыратқан кезде в қосалқы станциясы және онымен бірге W3 желісі кернеусіз қалады. Сонымен қатар, электр станциясындағы кернеу жоғалуы Q5 ажыратқышын қосу арқылы қосалқы станциядан В қосалқы станциясына кернеу беретін қосалқы станциядағы РАҚ құрылғысын іске қосады.

Пайдалану тәжірибесі РАҚ электрмен жабдықтаудың сенімділігін арттырудың өте тиімді құралы болып табылатынын көрсетеді. РАҚ табыстылығы 90-95% құрайды. Сұлбалардың қарапайымдылығы мен жоғары тиімділік, электр станциялары мен электр желілерінде РАҚ-тың кең қолданылуына себепші болды.

РАҚ-қа қойылатын талаптар. Барлық РАҚ құрылғылары келесі негізгі талаптарды қанағаттандыруы тиіс.

1. РАҚ сұлбасы кез келген себеп бойынша тұтынушының шиналарында кернеу жоғалып кеткен кезде, оның ішінде жұмыс қоректендіру көзінің ажыратқыштарының авариялық, қате немесе өздігінен ажыратылған кезде, сондай-ақ жұмыс көзінің қоректенуі жүзеге асырылатын шиналардағы кернеу жоғалып кеткен кезде іске қосылуы тиіс. Резервтік көзді қосу тұтынушының шиналарында ҚТ кезінде де жиі рұқсат етіледі.

2. Тұтынушылардың қоректену үзілісінің ұзақтығын азайту үшін резервтік қоректену көзін қосу жұмыс көзі өшірілгеннен кейін бірден жүргізілуі тиіс.

3. РАҚ әрекеті жойылмаған ҚТ-ға резервтік көзді бірнеше қосуға жол бермеу үшін бір рет болуы тиіс.

4. РАҚ сұлбасы ажыратылмайтын жұмыс көзінде ҚТ резервтік көзінің қосылуын болдырмау үшін жұмыс көзінің ажыратқышын ажыратқанға дейін іске қосылмауы тиіс. Бұл талаптарды орындау, сондай-ақ жекелеген жағдайларда екі қоректену көзін синхронды емес қосуды болдырмайды.

5. РАҚ сұлбасы жұмыс көзін қоректендіретін шиналардағы кернеу жоғалып кеткен кезде әрекет ету үшін, оның ажыратқышы қосылған кезде, РАҚ сұлбасы ең аз кернеудің арнайы іске қосу органымен толықтырылуы тиіс.

6. Жойылмаған ҚТ-ға қосқан кезде резервтік көзді ажыратуды жеделдету үшін РАҚ кейін резервтік көзді қорғауды жеделдету көзделуі тиіс. Бұл әсіресе қоректенуді жоғалтқан тұтынушылар жүктемені көтеретін басқа көзге қосылған жағдайларда маңызды. Жылдамдатылған қорғаныс әдетте уақыт ұстамай жылдамдату тізбегі бойынша әрекет етеді. Электр қозғалтқыштарының көп санын қоректендіретін қосалқы станцияларда өзіндік мұқтаждық қондырғыларында қорғанысты жеделдету 0,5 с-қа дейін жүзеге асырылады. Жедел қорғаныстың мұндай баяулауы энергожүйенің кернеуі мен 180°-ге жетуі мүмкін тежейтін электр қозғалтқыштарының өшетін ЭҚК арасындағы фаза бойынша жылжумен байланысты ток итергіш әрекетімен ажыратқышты қосу сәтінде токтың қысқа мерзімді тұйықталуы жағдайында оның дұрыс жұмыс істемеуінің алдын алу қажет [1].

Бақылау сұрақтары:

1. РАҚ мақсаты қандай?
2. РАҚ сұлбаларын орындауға қойылатын негізгі талаптар қандай?
3. Неге қосалқы станцияларда бірнеше қорек көзі болған жағдайда бір жақты қорек сұлбасы қолданылады?
4. РАҚ-тың негізгі артықшылықтарын атаңыз.
5. РАҚ-тан кейін резервтік көзді қорғауды жеделдету қандай мақсатты көздейді?

3.2 Қосалқы станциялардағы кернеуді реттеудің мақсаты және тәсілдері

Қосалқы станциялардағы кернеуді реттеу мақсаты. Кернеудің қалыпты мәннен төмендеу және арттыру жағына қарай ауытқуы жұмыс жағдайының нашарлауына, механизмдердің өнімділігінің төмендеуіне, электр жабдығының қызмет ету мерзімінің қысқаруына, өнімнің ақауына әкеледі. Мысалы, кернеуді 10% - ға төмендету кезінде асинхронды электр қозғалтқыштардың айналмалы сәті 19% - ға азаяды, сәйкесінше жетекті

механизмнің өнімділігі де азаяды. Кернеудің шамадан тыс артуы зиянды, соның салдарынан жарық беру шамдарының, жылыту қондырғылары мен басқа да электр жабдықтарының тез істен шығуы орын алады. Мысалы, қыздыру шамдарының қызмет ету мерзімі кернеу 1% - ға жоғарылағанда 15% - ға және кернеу 10% - ға жоғарылағанда 3 есе қысқарады.

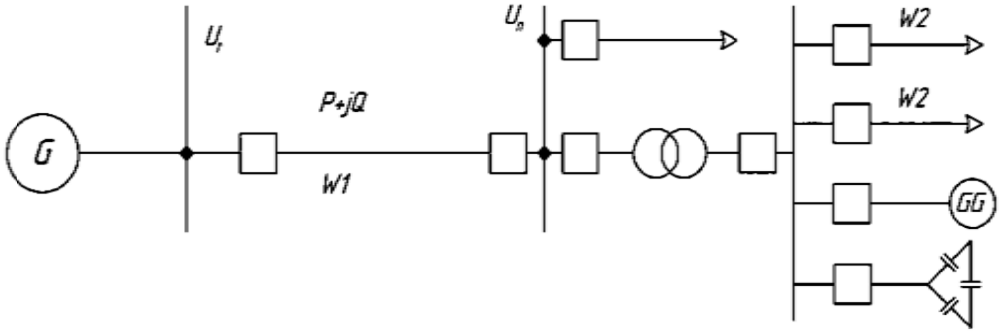
«Электр қондырғыларын орнату ережелеріне» сәйкес, аса жауапты қондырғыларды қоспағанда, тұтынушылардағы кернеудің ±5% - дан аспайтын ауытқуына жол беріледі.

Қабылдау қосалқы станциясының төменгі кернеулі шиналарындағы кернеу (3.2-сурет) мынаған тең:

$$U_{\Pi} \approx (U_{\Gamma} - \frac{PR+QX}{U'_{\Pi}}) \cdot \frac{1}{n_T} \qquad (3.1)$$

мұнда U_{Π} - қабылдау қосалқы станциясының жоғары кернеу шиналарындағы - қабылдау қосалқы станциясының жоғары кернеу шиналарындағы кернеу; U_{Γ}- генератор шиналарындағы кернеу; R, X - қоректендіруші желі мен трансформатордың белсенді және реактивті кедергісі; P, Q - желі бойынша берілетін активті және реактивті қуат; $n_{\text{Т}}$- күштік трансформатордың трансформация коэффициенті.

(3.1) өрнегінің негізінде тұтынушының кернеуін келесі тәсілдермен өзгертуге болады деген қорытынды жасауға болады:U_{Π} генератор шиналарындағы кернеудің өзгеруімен; қосалқы станцияда орнатылған $n_{\text{Т}}$трансформатордың трансформаттау коэффициентінің өзгеруімен; желі бойынша берілетін Q реактивті қуатының өзгеруімен, ол синхронды компенсаторлардың немесе электр қозғалтқыштарының қозуын реттеумен; қосалқы станцияда орнатылған конденсаторлар батареяларын қосумен және ажыратумен жүзеге асырылуы мүмкін.

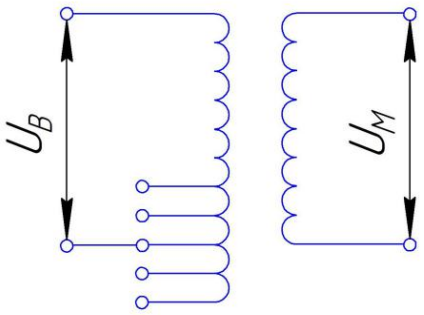


3.2-сурет - Кернеуді реттеу принциптерін түсіндіретін желі сұлбасы

Трансформаторлар кернеуін автоматты реттегіш. Трансформатордың төменгі немесе орташа кернеу жағындағы кернеу мәнін қоректендіруші жағындағы кернеудің өзгермейтін мәні кезінде жоғары кернеу (ВН) орамдардың бірінің орам сандарын өзгертумен трансформация коэффициентін өзгерту арқылы өзгертуге болады. Құрылымдық орындалуы бойынша трансформацияның ауыспалы коэффициенті бар трансформаторлардың екі түрі ажыратылады: 1) қозусыз реттеу тармақтарын ауыстырып қосумен, яғни трансформаторды желіден ажыратумен (ПБВ бар трансформаторлар); 2) жүктемемен реттеу тармақтарын ауыстырып қосумен (ЖКР бар трансформаторлар). Әдетте реттеу тармақталулары аз жұмыс тогы бар трансформатордың ЖК орамында орындалады.

Негізгі және төрт қосымша тармақтары, ПБВ-сы бар трансформаторлардың бар қағидалық сұлбасы 3.3-суретте келтірілген. Негізгі тармақталу осы трансформатор қосылатын желінің номиналды кернеуіне тең кернеу болады. Негізгі тармақталған трансформатордың трансформация коэффициенті номиналды деп аталады. Төрт қосымша тармақты қолданғанда трансформация коэффициенті тиісінше номиналдан +5, +2,5, -2,5 және -5% - ға ерекшеленеді.

ПБВ-сы бар трансформаторлардағы реттеу тармақтарын олардың ажыратылған жағдайында ауыстырып қосу сирек, әдетте жүктемелердің маусымдық өзгеруі кезінде ғана жүргізіледі. Сондықтан бір тәулік ішінде ең көп және ең аз жүктеме режимдерінде ПБВ бар трансформатор бір трансформация коэффициентімен жұмыс істейді, бұл қарсы реттеу талаптарын жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді.



3.3-сурет - ПБВ кернеуін реттеу сұлбасы

ЖКР-мен трансформатордың ЖК орамы (3.4-сурет, б) екі бөліктен тұрады - реттелмейтін және реттелетін 5. Орамның реттелетін бөлігінде 1-4 қысқыштарына бірқатар тармақтар бар. 1-2 тармақталу негізгі орамның орамдарына сәйкес қосылған орамдардың бөліктеріне сәйкес келеді (бағыттамалармен токтардың бағыттары 3.4, б-суретте көрсетілген). 2 тармақталудан 1 тармақталудан өткен кезде трансформатордың трансформация коэффициенті артады. 3-4 тармақ негізгі орамның

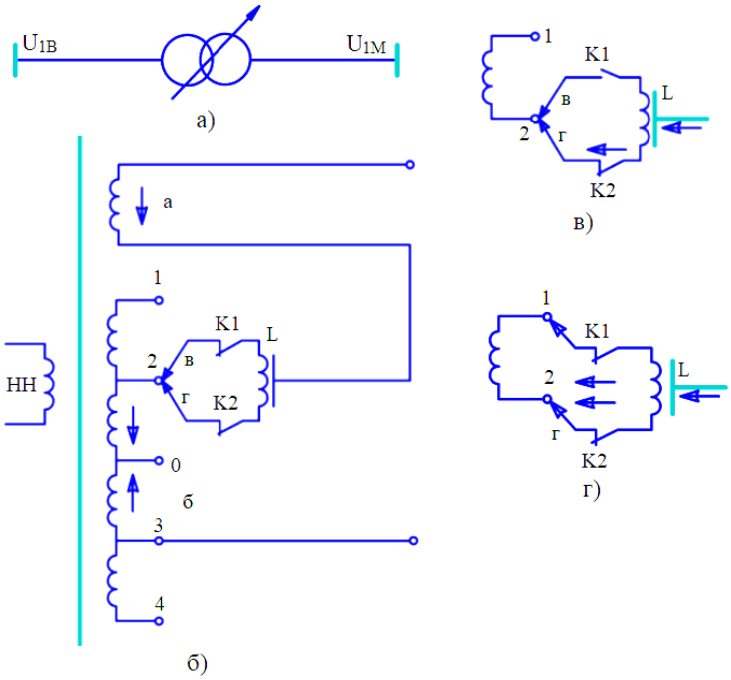
орамдарына қатысты қарама-қарсы қосылған орамдардың бөліктеріне сәйкес келеді. 3-тармақтаудан 4-тармақтауға ауысу трансформация коэффициентін азайтады.

6 орамның реттелетін бөлігінде в және г жылжымалы контактілерінен, контактілерден және L реакторынан тұратын ауыстырып-қосқыш құрылғы бар. Реактор орамасының ортасы трансформатор орамасының реттелмейтін бөлігімен жалғанады. ЖК орамының қалыпты тогы реактор орамының жартысы арасында тең бөлінеді. Сондықтан магнит ағыны аз және реактордағы кернеудің жоғалуы да аз.

Құрылғыны 2 тармақтаудан 1 тармақтауға ауыстыру тәртібін қарастырайық: К1 контакторы ажыратылады(3.4 сурет, в), жылжымалы байланыс 1-тармаққа ауыстырылады, К1 контакторы қайта қосылады (3.4 сурет, г). Осылайша, 1-2 орамның секциясы 1 реакторының орамына тұйықталған болады. Реактордың айтарлықтай индуктивтілігінің арқасында 1-2 орамның секциясында кернеудің әсерінен өтетін теңестіруші ток шектеулі.

Осыдан кейін К2 контакторы ажыратылады, жылжымалы байланыс 1-тармаққа ауыстырылады және К2 контакторы қайтадан қосылады.

Реактор және ауыстырып қосқыш құрылғылардың барлық контактілері (жылжымалы және қозғалмайтын) трансформатор бағында орналастырылады. К1 және К2 түйіспелерін трансформатор бағының сыртына бекітілген және май құйылған бөлек болат қаптамада орналастырады.



3.4-сурет - ЖКР трансформаторы: а - шартты белгісі; б - ЖКР қағидалық сұлбасы; в, г - тармақтарды ауыстырып қосу

ЖКР көмегімен қарсы реттеу талаптарын орындауға қол жеткізе отырып, трансформатордағы трансформация коэффициентін бір тәулік ішінде өзгертуге болады [1].

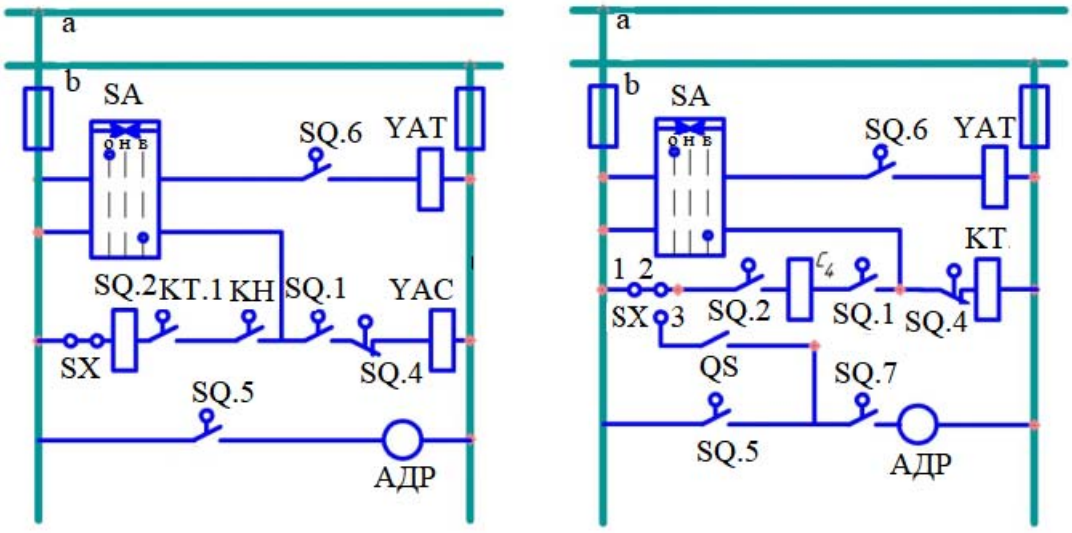
Бақылау сұрақтары:

1. Қоректендіретін қосалқы станциялардың шиналарындағы кернеуді не үшін реттеу қажет?
2. Қосалқы станцияларда кернеуді реттеу қалай жүзеге асырылады?
3. Қарсы реттеу дегеніміз не және ол қалай жүзеге асырылады?

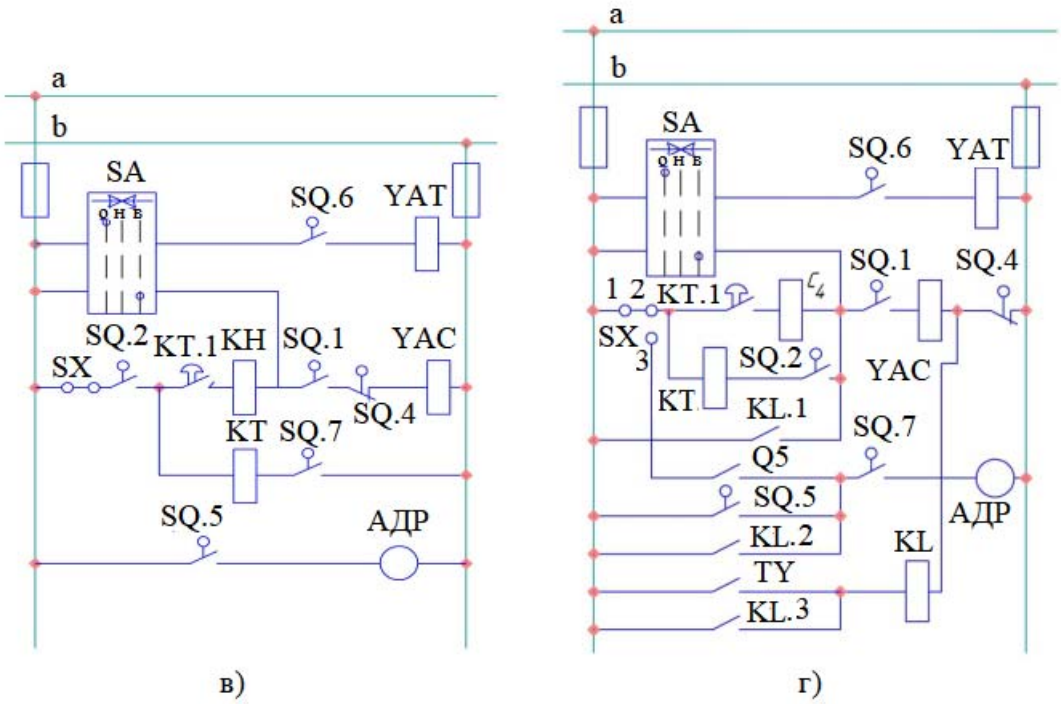
3.3 Резервті автоматты түрде қайта қосу және автоматты қосу сұлбасының жұмысы

Резервті автоматты қайта қосу және автоматты түрде қосу сұлбасының жұмысы. Тұрақты жедел токтағы АҚҚ сұлбаларында ажыратқыштарды қосу және ажырату және АҚҚ сұлбасына кіретін реленің жұмысы үшін қажетті энергия аккумуляторлық батареядан келіп түседі. Айнымалы жедел токтағы АҚҚ сұлбаларында энергия көздері ретінде кернеу трансформаторлары және өзіндік мұқтаждық трансформаторлары қолданылады.

Электр сұлбаларының кең таралуына ауыспалы оперативті токтағы, серіппелі жетектердің катушкаларына лезде немесе уақыт уақыт ұстамымен әсер ететін АҚҚ электр сұлбалары кең таралған. 3.5, а суретінде ПП-67 жетегі бар ажыратқыштарға арналған бір реттік АҚҚ лезде әрекет ету сұлбасы келтірілген.



а) в)



3.5-сурет - Серіппелі жетектермен жабдықталған ажыратқыштарға арналған бір реттік әрекет ететін электр АҚҚ сұлбалары: а - сырғымалы көмекші контактімен жылдам әрекет ету; б - уақыт релесінің сырғымалы түйіспесімен жасалатын уақытты сақтау; в - тікелей әсер ететін репе жасайтын уақытты сақтау; г- телемеханикаландырылған қосалқы станцияға арналған уақытты сақтау.

Қосылған ажыратқыш кезінде, оның жетегінің серіппелері қысылған кезде, жетектің дайындық байланысы SQ.1 жабық. Ажыратқыштың қосылу катушкасының тізбегінде SQ.2 жетегінің арнайы қосалқы байланысы бар. Бұл қосалқы байланыс ажыратқыш қосылған кезде, ажыратқышты қорғаудан ажыратқан кезде ол тұйық күйінде қалады, ал SA басқару кілтінен ажыратқан кезде АҚҚ сұлбасының әрекетін болдырмай, ажыратылады. SQ.3 жетегінің қосалқы байланысы - сырғанағыш.

Ажыратқыштың қорғанысынан ажыратылуы кезінде QSA көмекші контактісі және SQ.3 жетегінің қысқа мерзімді сырғитын қосалқы контактісі тұйықталады, нәтижесінде УАС катушкасының тізбегі тұйықталады. Катушка қосылған серіппені ілініп тұрған күйде ұстап тұратын, сонымен бірге ажыратқышты қосуды жүргізетін ілу механизмін іске қосады және босатады.

Бір мезгілде SQ.5 шеткі ажыратқышы тұйықталады және серіппені қайта қысатын АДР құрылғысының электрқозғалтқышын қосады. Серіппелерді сығу аяқталғаннан кейін SQ5 ұштық ажыратқышы электр қозғалтқышты ажыратады.

Егер АПВ табысты болса, онда сұлба серіппені қысудан және SQ.1 жетегінің дайындық түйіспесінің тұйықталуынан кейін жаңа әрекетке дайын

күйге келеді. Егер АҚҚ сәтсіз болса, онда ажыратқыш өшіріліп қалады, бірақ серіппелер қайтадан қысылып, жетек қашықтан қосуға дайын болады.

АҚҚ бір мәртелігін қамтамасыз ету үшін серіппелерді қысудың ең аз уақыты осы ажыратқышқа әрекет ететін қорғаныс уақытының барынша көп ұсталымы болуы тиіс.

3.5, б суретінде уақыт ұсталымы бір рет АҚҚ сұлбасы келтірілген. Бұл сұлба 3.8, а суретінде келтірілген РВ-01 (ЭВ-228) типті КТ1 сырғымалы контактімен КТ1 уақыт релесінің болуымен ерекшеленеді, ол YAC катушкасының тізбегін қысқа уақытқа тұйықтайды. Бұдан әрі АҚҚ құрылғысы 3.5, а суретіндегі сұлба сияқты жұмыс істейді.

3.5, а суретінде уақыт ұсталымын құру үшін кернеу орамымен ауыстырылған РТВ сериялы тікелей әсер ететін ток релесінің негізінде орындалған КТ тікелей әсер ететін релесі пайдаланылады. КТ релесі қосқыш катушканың орнына жетекте орнатылады және ажыратқышты сөндіру кезінде SQ.7 қосалқы контактімен кернеу трансформаторынан реледе берілетін кернеуден іске қосылады. SQ.1 және SQ.2 жетегінің қосалқы түйіспелерінің тағайындалуы 3.5, а және б-суреттегі сұлбалар сияқты. Қарастырылып отырған сұлбада сондай-ақ АҚҚ көмегімен серіппелерді автоматты түрде қысу да көзделген. Электрқозғалтқыштың тізбегіне ажыратқыш қосылған кезде тұйықталған SQ.7 жетегінің қосалқы байланысы қосылған. Осының арқасында тұрақты ҚТ-ға бір рет қосылғаннан кейін, сондай-ақ ҚТ-ға қолмен қосылғаннан кейін АҚҚ жоққа шығарылады. Қажет болған жағдайда серіппе сығылуы мүмкін және АДР электрқозғалтқышына кернеуді беру ажыратылғанда қолмен QS айырғышымен қысылуы мүмкін. Бұл ретте SX қаптамасы 1-3 күйіне орнатылады.

3.5, в суретіндегі нұсқағыш реленің орнына, кейде $C_ч$ арнайы есептеуіші қолданылады, бұл қосалқы станцияларда қызмет көрсететін персоналсыз жұмыс істеу санын бекітуге мүмкіндік береді. Қаралып отырған сұлбаның кемшілігі - ажыратқышты SA кілтінен қолмен іске қосу кезінде КТ уақыт релесін аяқтамағанша тұйықталған қосу тізбегін ұзақ уақыт сақтау қажет.

Сұлбада телемеханика құрылғысынан ажыратқышты қосу тізбектері қарастырылған. Контактінің тұйықталуы кезінде ТТ іске қосылады және өзін-өзі ұстанады kl аралық релесі, ол түйіспемен тұйықталады YAC қосу катушкасының және серіппелерді (жүкті) шығаруды жүзеге асыратын АҚҚ қозғалтқышының тізбегі тұйықталады. KL Реленің қайтарылуы ажыратқышты қосқаннан кейін, оның SQ.4 қосалқы контуры ажыратылған кезде жүзеге асырылады.

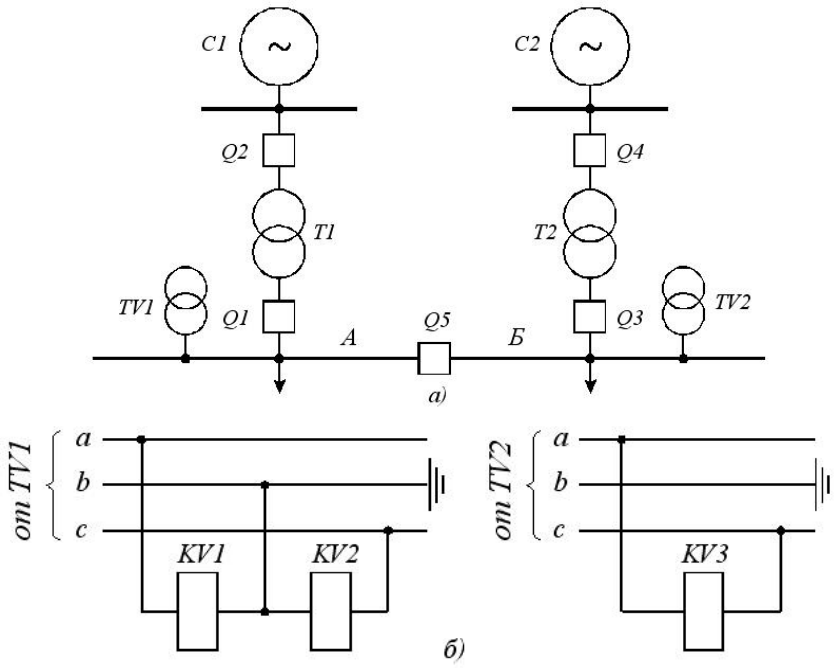
Резервті автоматты қосу сұлбасының жұмысы. 3.6-суретте келтірілген екі трансформаторлық қосалқы станция үлгісінде РАҚ сұлбаларының әрекет ету принципін қарастырайық. Т1 және Т2 трансформаторларының қалыпты жағдайы төмен кернеулі шиналардың секцияларын тұтынушылардың қоректенуін жүзеге асырады.

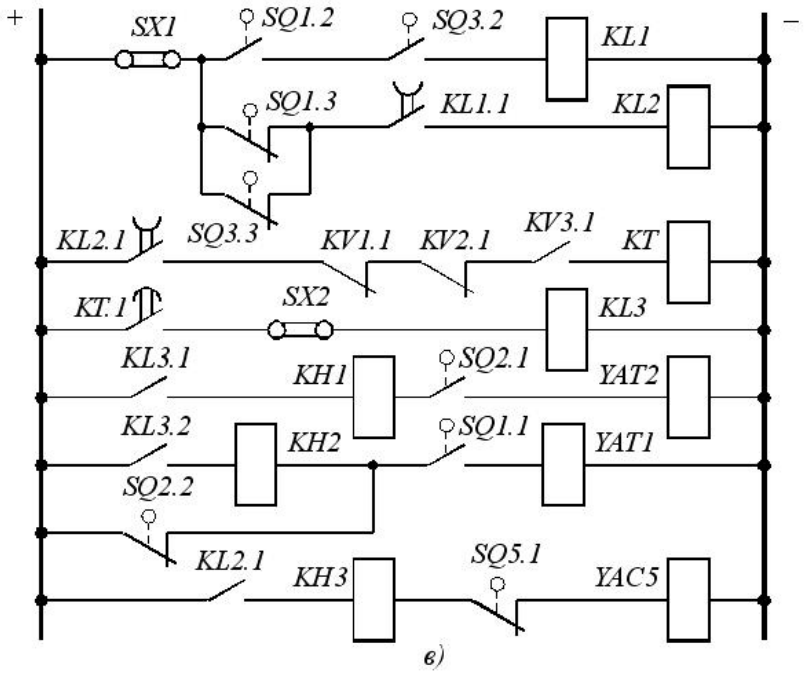
Т1 трансформаторының Q1 ажыратқышының кез келген себебінен ажырату кезінде оның қосымша SQL2 контактісі аралық KL1 орамының тізбегін тарқатады. Нәтижесінде KL1 реле зәкірі ажыратқыштың іске қосылған жағдайында тартылып тұрады, кернеуді алып тастағанда кейбір уақыт ұстанымымен жоғалады да, контактілер ажырайды.

Ажыратқыштың Q1 екінші қосалқы түйіспесі SQ1.3 тұйықталып, қосу түйіспесіне әсер ете отырып, секциялық ажыратқышты өз түйіспесімен қосатын аралық реленің KL2 орамасына YAC.5 тағы да тұйықталған түйіспеден KL1.1 қосу арқылы беріледі. Берілген уақыт ұстанымынан кейін KL1реленің түйіспелері ажыратылады және KL2 аралық реле орамының тізбегін үзеді. Егер Q5 секциялық ажыратқышы жойылмаған ҚТ-ға АВР сұлбасының әрекетімен қосылса және релелік қорғаныспен ажыратылса, онда оның қайтадан қосылуы болмайды. Осылайша, KL1 релесі РАҚ бір мәртелігін қамтамасыз етеді, сондықтан бір рет қосылу релесі деп аталады. Реле KL1 өз контактілерін қайтадан тұйықтайды да, қосалқы станцияның қалыпты сұлбасы қалпына келген соң және QL ажыратқышы қосылған соң, РАҚ сұлбасын жаңа әрекетке дайындайды. K1 түйіспесінің ажыратылуына уақыт төзімділігі олар сенімді қосылу үшін Q5 ажыратқышының қосылу уақытынан артық болуы тиіс.

Q2 ажыратқышын оның қосалқы түйіспесінен ажыратқан кезде РАҚ қамтамасыз ету мақсатында Q2 ажыратқышының Q1 ажыратқышының YAT1 ажыратқышының катушкасына команда беріледі. Q1 ажыратылғаннан кейін РАҚ сұлбасы іске қосылады және жоғарыда қарастырылғандай әрекет етеді.

Т2 трансформаторы ажыратылған кезде де секциялық ажыратқыштың РАҚ жоғарыда қарастырылған секциялық ажыратқыштарына ұқсас әрекет етеді





3.6-сурет - Қосалқы станциядағы секциялық ажыратқыштың РАҚ сұлбасы: а - бастапқы қосылыстардың сұлбасы; б - ауыспалы кернеу тізбектері; в - жедел ток тізбектері

Трансформаторлардың бірін ажыратудың қарастырылған жағдайларынан басқа, егер қандай да бір себеппен жоғары кернеулі Б (немесе А) шинасы кернеуінсіз қалса, АВР сұлбасы әсер етпейді, себебі Т1 (Q1 және Q2) немесе Т2 (Q3 және Q4) екі ажыратқыштың екеуі де қосулы болып қалады. РАҚ сұлбасының әрекетін қамтамасыз ету үшін және бұл жағдайда құрамына KV1, KV2 және KV3 релелері кіретін ең аз кернеудің арнайы іске қосу органы қарастырылған. Б қосалқы станциясының шиналарында, сәйкесінше, В шиналарында кернеу жоғалған кезде, TV1 кернеу трансформаторына қосылған ең аз кернеу релесі өз түйіспелерін тұйықтады және KV3 релесі арқылы КТ уақыт релесі орамына жедел ток береді. Бұл ретте КТ релесі іске қосылады және белгіленген уақыт ұстанымынан кейін, Т1 трансформаторындағы Q1 және Q2 ажыратқыштарын ажырататын KL3 аралық шығыс релесі орамына плюс береді. Q1 ажыратқышын ажыратқаннан кейін АВР сұлбасы жоғарыда қарастырылғандай әрекет етеді.

KV3 кернеуінің релесі РАҚ сұлбасының әрекеті көрінеу пайдасыз болған кезде резервтік трансформатордың А жоғары кернеуінің шиналарында кернеу болмаған жағдайда іске қосу органынан Т1 трансформаторын ажыратуды алдын алу үшін көзделген. А шинасы TV2 кернеуінің трансформаторына қосылған KV3 релесі, кернеу болмаған кезде KV3.1 түйіспесін ажыратады және KV1.1 және KV2.1 түйіспесінен КТ уақыт релесінің орамына тізбекті ажыратады.

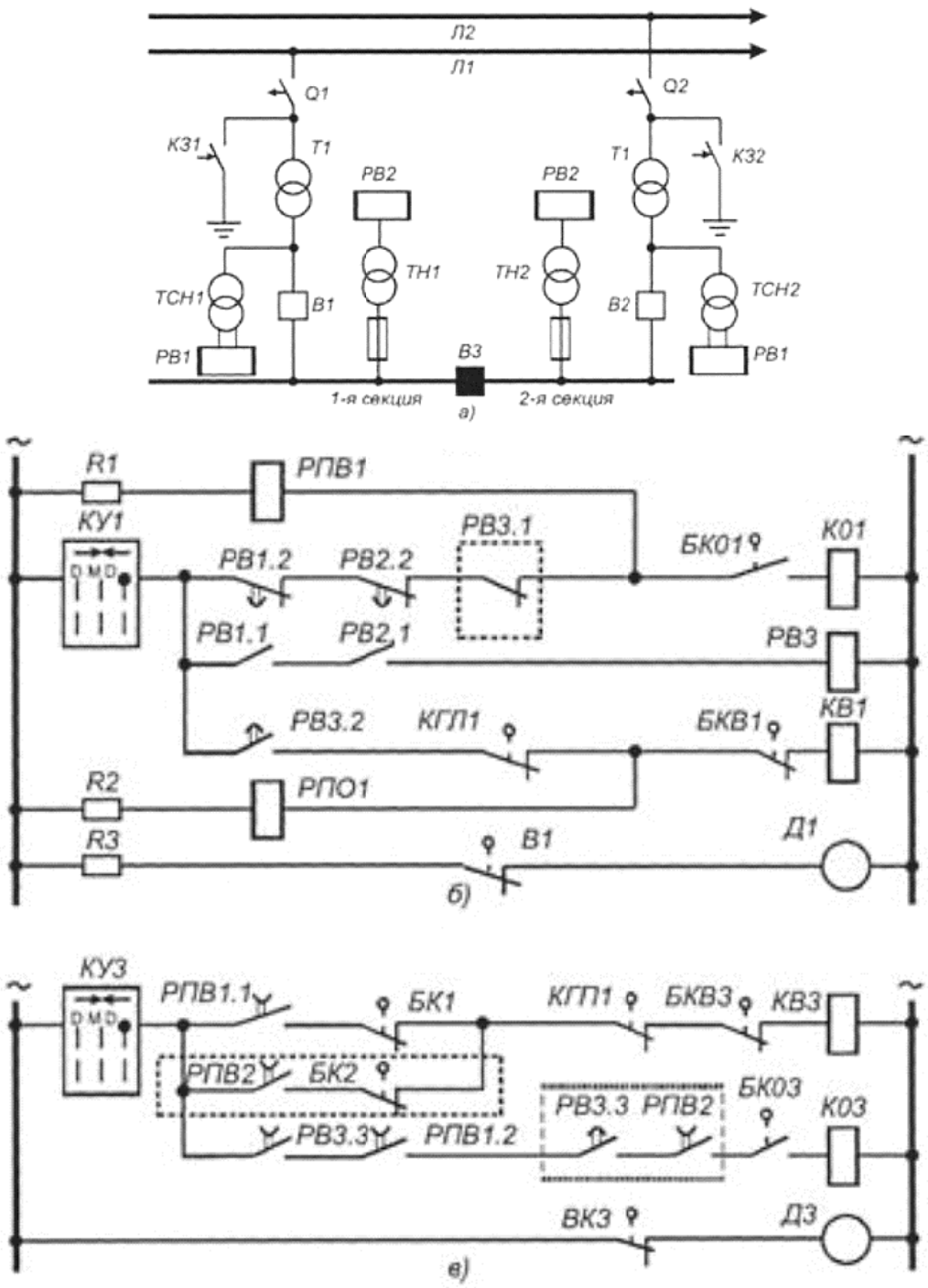
А шиналарында кернеу жоғалып кеткен жағдайда Т2 трансформаторын ажырату үшін ең аз кернеудің ұқсас іске қосу органы қарастырылады (3.6-суретте көрсетілмеген).

3.7-суретте екі желіден жоғары кернеу жағында ажыратқыштарсыз қоректенетін екі трансформаторы бар қосалқы станцияның секциялық ажыратқыштары үшін ауыспалы жедел токтағы РАҚ сұлбасы келтірілген. Q3 секциялық ажыратқышы қалыпты ажыратылады. Т3 және Т4 өзіндік мұқтаждық трансформаторларынан автоматика сұлбаларын қоректендіруге арналған жедел ток беріледі. (W1 немесе W2) РАҚ құрылғысы Q3 секциялық ажыратқышты қосады, ал желідегі кернеуді қалпына келтіру кезінде автоматты түрде қосалқы станцияның қалыпты сұлбасын қалпына келтіреді.

Автоматика сұлбасын іске қосушы орган РВ-03 (ЭВ-235) типті КТ1 және КТ2 уақыт релесі болып табылады, олардың түйіспелері КТ1.2 және КТ2.2 УАТ1 тізбегіне ретпен қосылған. Осы реленің түйіспесімен реле осы трансформаторда кернеудің бар болуын бақылайтын Т2 трансформаторының КТ3.1 уақыт релесінің жылдам байланысы қосылған. КТ1 және КТ2 реле орамдары әртүрлі трансформаторларға (Т3 және TV1) қосылған, бұл кернеу тізбектерінде ақаулы болған жағдайда іске қосу органының жалған әрекет ету мүмкіндігін болдырмайды. Т1 трансформаторының ажыратқышына дейін орнатылған ТТ өзіндік мұқтаждық трансформаторына қосылған КТ1 релесі, сондай-ақ W1 желісін қосу кезінде Т1 кернеуінің пайда болуын бақылау үшін пайдаланылады.

Кернеу жоғалғанда W1 желісін ажырату нәтижесінде КТ1 және КТ2 уақыт релесі іске қосылады және РВ-01 (ЭВ-248) типті КТ3 уақыт орамынан кернеуді алып, өзінің жедел байланыстары КТ1.1 және КТ2.1 ажыратылады. Бұл реле оның орамынан кернеуді алу кезінде бірден бастапқы күйге оралады, ал кернеу беру кезінде белгіленген уақыт ұстанымымен іске қосылады.

Егер қосалқы станциядағы АҚҚ желісі сұлбасының әсерінен кернеу қалпына келтірілмесе, онда белгіленген уақыт ұстамымен (желінің АҚҚ көп уақыты), 1-ші секцияда кернеудің болмауын белгілейтін KTL2 және КТ22 уақыт релесінің түйіспелері тұйықталып, 2-ші секцияда кернеудің болмауын бақылайтын Т1 трансформаторының Q1 ажыратқышының YAT1 ажырату катушкасына тізбек жасайды (КТ3.1 түйіспесі). О1 ажыратқышын ажыратқан кезде оның қосалқы түйіспесі (3.7-сурет, в) ажыратқыштың секциялық ажыратқышын қосу YAC3 катушкасының тізбегінде тағы бір рет қосу релесінің KQCL.1 тұйықталған түйіспесі арқылы тұйықталады. Секциялық ажыратқыш қосылады және қосалқы станцияның секциясына кернеу беріледі, бұл ретте КТ2 уақыт релесі тартылады, КТ2.2 түйіспесі тұйықталады және КТ2.2 ажыратылады. КТ1 релесі кернеусіз қалады, сондықтан оның түйіспесі КТ1.1 ашық болып қалады, ал КТ3 уақыт релесі бұрынғысынша бастапқы күйде болады, барлық контактілер ашық болады.



3.7-сурет - Ажыратқыштарсыз электр беріліс желілеріне қосылған екі трансформаторы бар қосалқы станциялар үшін ауыспалы жедел токтағы секциялық ажыратқыштың РАҚ сұлбалары: а - қосалқы станцияның сұлбасы; Б - Q1 ажыратқышының РАҚ және басқару тізбектері; в-Q3 ажыратқышының РАҚ және басқару тізбектері (пунктирмен Т2 трансформаторына жататын тізбектер қоршалған); г - Q3 қорғауды жылдамдату тізбектері

W1 желісінде кернеуді қалпына келтіру кезінде кернеу Т1 трансформаторында да пайда болады, себебі оның бөлгіші қосылып қалған. Кернеу алған соң КТ1 релесі созылады, KTL1 түйіспесі тұйықталады және

КТ1 түйіспесі ажыратылады. КТ1.1 түйіспесі тұйықталған кезде КТ3 уақыт релесі жұмыс істей бастайды, ол КТ3.2 сырғанағыш түйіспесімен Q1 ажыратқышын қосу үшін тізбекті жасайды, ал соңғы түйіпемен КТ3.3-секциялық ажыратқышты ажыратуға арналған тізбек қосалқы станцияның бастапқы сұлбасы автоматты түрде қалпына келтіріледі. Ажыратқыштың қарастырылып отырған жағдайында ажыратуға арналған тізбек Т2 трансформаторының Q2 ажыратқышы қосылған жағдайда ғана құрылады. Егер Q3 ажыратқышын қосу 1-секциядағы тұрақты зақымданудың салдарынан сәтсіз болса, ол жөндеуге шығарылуы тиіс.

Q3 ажыратқышын К3-ге қосқан жағдайда жылдам ажырату үшін сұлбада РАҚ кейін секциялық ажыратқышты қорғауды жеделдету қарастырылған. Жеделдету секциялық ажыратқышты қорғау уақыты релесінің түйіспесін шнуттайтын KQC1 және KQC2 реле түйіспелерімен жүзеге асырылады [1].

Бақылау сұрақтары:

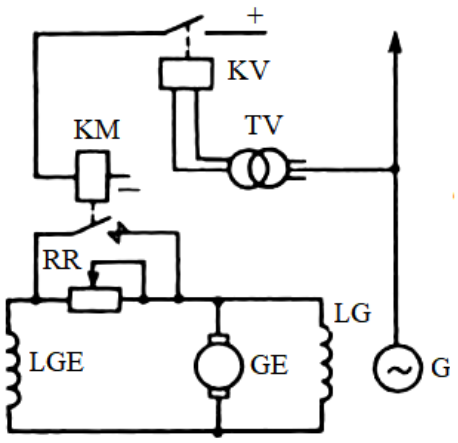
1. ААҚ мақсаты қандай?
2. Электр АҚҚ сұлбасында бір рет әрекет ету қалай қамтамасыз етіледі?
3. АҚҚ уақытының ұсталымы немен анықталады?
4. РАҚ мақсаты қандай?
5. Электр РАҚ сұлбасында бір рет әрекет ету қалай қамтамасыз етіледі?
6. Қосалқы станцияларда РАҚ сұлбаларының қандай түрлері қолданылады?

3.4 Қозуды автоматты реттеу сұлбалары

РАҚ мақсаты. РАҚ-тың негізгі мақсаты қалыпты режим бұзылған кезде генераторлардың параллельді жұмысының орнықтылығын арттыру болып табылады. Бұл жағдайларда РАҚ генератор кернеуінің (немесе токтың) қалыпты мәннен салыстырмалы аздаған ауытқуларына әрекет ете отырып, генераторлардың қозуын едәуір жеделдетеді (форсирлейді). Генератордың орнықтылық шегінің жоғарылауына ықпал ететін генератордың ЭҚК-нің төбеге дейін қозуы артқан кезде (әсіресе форсировкада) генератордың ЭҚК артады. Генератордың қозуын жылдамдату ҚТ ажыратылғаннан кейін шиналардағы кернеуді қалпына келтіру процесін жеңілдетеді және жеделдетеді, бұл сондай-ақ электр қозғалтқыштарының жылдам іске қосылуына ықпал етеді.

Қалыпты жағдайда РАҚ кернеудің берілген деңгейін ұстап тұруды және параллель жұмыс істейтін генераторлар арасында реактивті жүктемені қажетті бөлуді қамтамасыз етеді.

РАҚ-тың негізгі элементтерінің бірі қозуды үдету болып табылады, оның қағидалық сұлбасы 3.8-суретте келтірілген.



3.8-сурет - Релелік үдету сұлбасы

Ең аз кернеу релесі кернеудің айтарлықтай төмендеуінде KV контактілерді тұйықтайды және КМ форсирлеу контакторын іске қосады, ол іске қосылып, RR қоздырғыш тізбегіндегі реостат кедергісін шунттайды.

Кернеу түзеткіштері бар сығымдау құрылғысы қалыпты режимде кернеуді автоматты реттеу үшін қолданылады, оның сұлбасы 3.8-суретте келтірілген.

«Сығымдау» термині статор тогына байланысты машинаның қозу тогын автоматты реттеуді білдіреді.

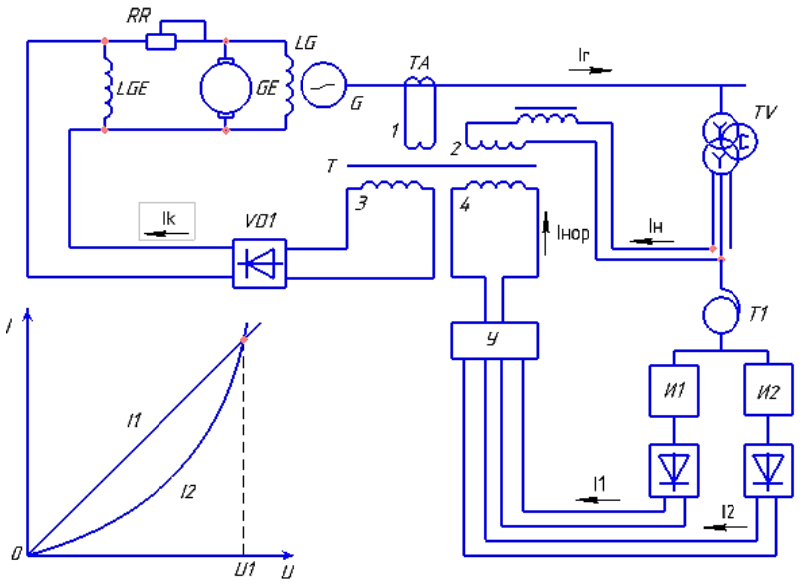
ТА ток трансформаторларының екінші орамдары аралық трансформатор Т және LGE қоздырғышын орауға берер алдында сығымдау тогын түзететін VD1 түзеткішіне қосылған. Бір уақытта статордың кернеуі бойынша реттеу жүзеге асырылады.

Кернеу бойынша реттеуші импульсті енгізу үшін трансформатор Т (магниттейтін әмбебап трансформатор) 2 және 4 орамдармен жабдықталған. 2 орамдағы ток UГ пропорционал. 1 және 2 орамдарының МДС таза белсенді жүктемесі кезінде өзара 90о-ға жылжу, ал генератордың таза реактивті жүктемесі кезінде олар фаза бойынша сәйкес келеді. Мұның салдарынан, генератордың реактивті жүктемесі Cosф төмен немесе одан жоғары болса, $I_Г$ және $U_Г$ өзгермейтін шамалар кезінде сығымдау тогы соғұрлым көп болады - бұл кернеуді нақты қолдауды қамтамасыз ететін фазалық сығымдау деп аталады.

4 магниттеу арқылы Т кернеу түзеткішінің көмегімен UГ берілген мәніне қатысты сығымдау тогын түпкілікті түзету жүргізіледі. Жалпы жағдайда кернеу түзеткішінің құрамына Т1 автотрансформаторы арқылы TV кернеу трансформаторының тізбегіне қосылатын И1 және И2 өлшеу элементтері кіреді.

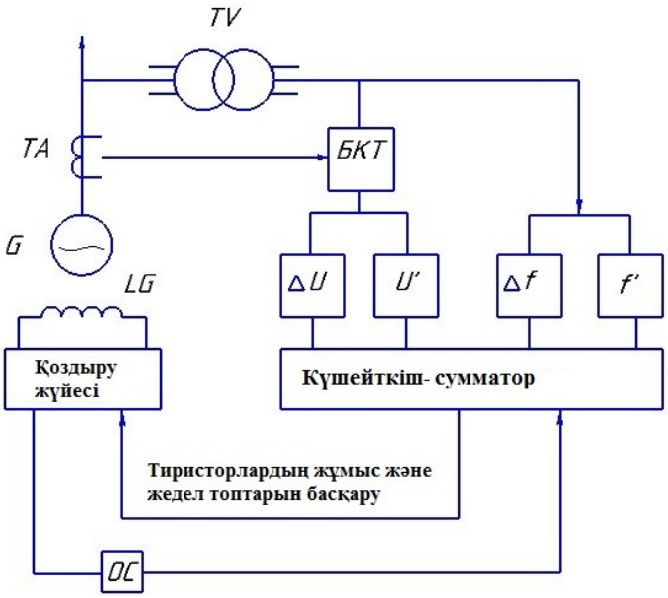
Қатты әсер ететін РАҚ құрылғысы реттеу параметрлерінің өзгеру жылдамдығына, сондай-ақ оларды жылдамдатуға және қоздыру кернеуінің жоғары жылдамдығы және қоздырғыштың төбелік кернеуінің үлкен мәні бар тез әрекет ететін қоздыру жүйелерімен ұштастыра әрекет етеді, генератордың

параллельді жұмысының орнықтылығын айтарлықтай жоғарылатуды қамтамасыз етеді.



3.9-сурет – Пропорционалды әсер ететін генератордың РАҚ сұлбасы

3.10-суретте көрсетілгендей, сұлбаның өлшеу буынына кернеуді (КӨБ) және жиілікті (ЖӨБ) өлшеу блоктары кіреді. КӨБ блогы генератор тогының реактивті құраушысына байланысты өлшенетін кернеуді автоматты түрде түзету жүргізілетін, іске қосылмаған БКТ элементі бар. БКТ кейін сигнал ΔU (кернеудің ауытқуы) және U' (кернеу туындысы) өлшеу элементтеріне түседі, олардың шығуы көрсетілген шамаларға пропорционал болады. ЖӨБ блогында шығысы Δf және f'тең өлшеу элементтері бар.



3.10-сурет - Күшті әсер ететін РАҚ құрылымдық сұлбасы

Күшейткіш-сумматор екі каскадты магнит күшейткіші болып табылады, оның шығу сигналы тез әсер ететін қоздыру жүйесінің тиристорларының жұмыс және жеделдету топтарын басқаруға жіберіледі (атқарушы элемент) [3].

Бақылау сұрақтары:

1. РАҚ мақсаты қандай?
2. Іс-әрекет белгісі бойынша РАҚ-тың қандай түрлері бар?
3. Сығымдау құрылғысы дегеніміз не?
4. Күшті әсер ететін РАҚ ерекшеліктерін атаңыз.
5. Қозуды жылдамдату құрылғысы не үшін қолданылады?

3.5. Энергия жүйелерінің автоматикасы

Мақсаты. Энергожүйелерді дамыту және оларды ірі біріктірілген энергожүйелерге (БЭЖ) қосу, аса қуатты ЖЭС және ГЭС құрылысы және аса қуатты жүктелген электр беру энергожүйелер режимдерін басқаруды одан әрі автоматтандыру бөлігінде бірқатар жаңа талаптар ұсынылды.

Аварияға қарсы автоматика құрылғыларының жіктелуі. Үлкен ауытқулар кезінде қалыпты режимнің бұзылуы өте тез жүреді, қызмет көрсетуші жұмысшының іс-әрекетімен бұл бұзуды алдын алу және жою іс жүзінде мүмкін емес. Бұл мәселені шешу үшін әртүрлі ПА құралдары қолданылады.

Өзінің мақсаты бойынша ПА барлық құрылғыларын бірнеше түрге бөлуге болады:

1) параллель жұмыс орнықтылығының бұзылуының автоматты алдын алу құрылғылары (ОБАА);

2) асинхронды режимді автоматты жою құрылғысы (АРАЖ);

3) жиіліктің жоғарылауын автоматты шектеу құрылғылары (ЖЖАШ);

4) жиіліктің төмендеуін автоматты шектеу құрылғылары (ЖТАШ), оның ішінде автоматты жиіліктік түсіру құрылғылары (ЖАТ);

5) кернеудің төмендеуін автоматты шектеу құрылғылары (КТАШ);

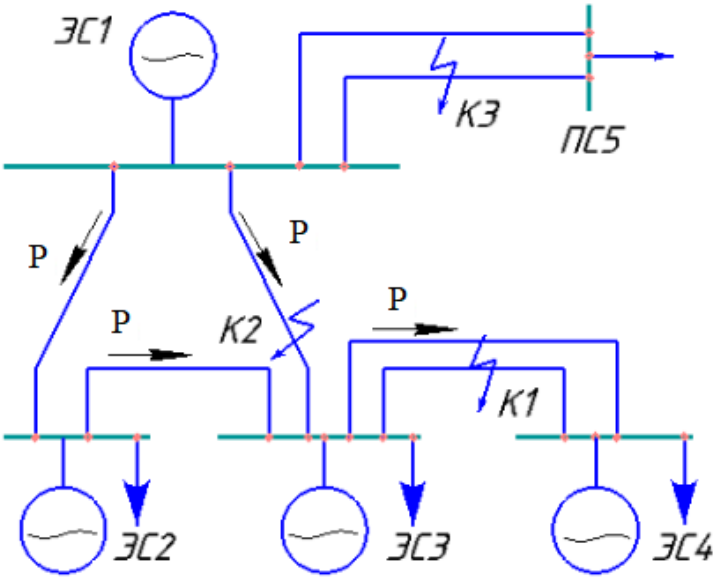
6) кернеуді арттыруды автоматты шектеу құрылғылары (АРАШ);

7) жабдықты автоматты түсіру құрылғылары (ЖАТ).

Әр түрлі аварияға қарсы автоматиканың мақсатын 3.11-суретте келтірілген энергия жүйесінің жұмыс режиміне авариялық ауытқулардың әсерін сапалы талдау мысалында көруге болады.

Мысалдардың бірі ретінде ЭШ3-ЭШ4 учаскесінің параллель желілерінің біріне ҚТ әсерін қарастырамыз. Релелік қорғаныс құрылғыларымен зақымдалған желіні ажыратқаннан кейін, бұрын екі желімен берілген қуат бір-бірден берілетін болады және кейбір шекті мәннен асып кетуі мүмкін, осының салдарынан ЭШ4 электр станциясының

генераторларына қатысты ЭШ1 электр станциялары генераторларының параллель жұмыс істеу тұрақтылығы бұзылады.



3.11-сурет - Энергожүйенің сұлбасы

Бұл бұзылудың алдын алу үшін энергия жүйесінің (ЭШ1 электр станциялары) беретін бөлігі генераторларының қуатын шектеуге әсер ететін ШБП құрылғылары қолданылады. Бұл қуатты шектеу энергия жүйесіндегі жиіліктің төмендеуін туындатпауы үшін оның қабылдау бөлігінде (ЭШ4 электр станциясында) жұмыс істейтін генераторлардың жүктелуін ұлғайтуға немесе тұтынушылардың бір бөлігін ажыратуға әрекет ететін құрылғылар қолданылады.

Орнықтылықтың бұзылу қаупі ЭШ1 желісінде ҚТ кезінде де туындауы мүмкін, себебі ЭШ1 электр станциясы өндіретін қуат ЭШ1-ЭШ2 желісі бойынша жүктемені арттыра отырып берілетін болады. Бұл жағдайларда энергия жүйесінің қалған бөлігіне қатысты ЭШ1 электр станциясы генераторларының қатарлас жұмысының орнықтылығы бұзылуы мүмкін. Қарастырылып отырған жағдайда орнықтылықтың бұзылуын болдырмау үшін қуатты шектеуді ЭШ1 электр станциясында, ал жұмыс істеп тұрған генераторлардың жүктемесін арттыруды немесе тұтынушылардың жүктемесін ажыратуды ЭШ2 - ЭШ4 электр станцияларында қолдану қажет.

Апаттық ауытқудың ауыр түрлерінің бірі энергия жүйесінің екі бөлігін байланыстыратын электр берілісінің үзілуі болып табылады. Мысалы, екінші параллель желі жөндеуге шығарылған жағдайда параллель желілердің бірін ажырату кезінде туындайтын ЭШ3-ЭШ4 электр берілісі ажыраған кезде, энергия жүйесінің бір бөлігінде (ЭШ1 электр станцияларында) ЭШ4 - тен қоректенетін басқа бөлігінде-тапшылық пайда болады. Артық қуат жиіліктің қауіпті артуына әкелуі мүмкін.

Көрсетілген алдын алу үшін электр станцияларының турбиналарын түсіруге немесе генераторлардың (негізінен гидрогенераторлардың) бір бөлігін ажыратуға немесе жылу электр станцияларын шамамен теңдестірілген жүктемемен гидроэлектр станцияларынан бөлуге әрекет ететін ЖЖАШ құрылғылары көзделеді.

Жиіліктің қауіпті төмендеуіне алып келетін қуат тапшылығы резервті автоматты жиілік енгізуге, тұтынушыларды автоматты жиілік түсіруге (ЖТАШ) немесе өз мұқтаждарын сақтау үшін теңдестірілген жүктемемен электр станцияларын бөлуге әрекет ететін ЖАТ құрылғыларымен жойылады.

Энергожүйенің тапшы бөлігінде жиіліктің төмендеуінен басқа реактивті қуат тапшылығына байланысты кернеудің төмендеуі мүмкін. Кернеудің төмендеу қаупі тұтынушылардың орнықтылығының бұзылу және кернеу «тасқынының» пайда болу мүмкіндігімен байланысты. Кернеудің қауіпті төмендеуін болдырмау үшін генераторлардың қозуын жылдамдату, шунттаушы реакторларды ажыратуға және жүктеме бөлігін ажыратуға әрекет ететін КТАШ құрылғылары қарастырылады.

Кернеуі 330 кВ және одан жоғары электр беріліс желілері электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр жабдықтары үшін қауіпті қуат көзі болуы мүмкін. Кернеудің ұзақ артуын болдырмау үшін шунттаушы реакторларды қосуға немесе желіні ажыратуға әсер ететін АРАШ құрылғылары қолданылады.

ПС5 (3.11-сурет) қосалқы станцияның жүктемесін қоректендіретін желілердің бірін ажырату оның термиялық тұрақтылығының шарты бойынша жұмыста қалған желінің жүктелуін тудыруы мүмкін. Желінің бүлінуін болдырмау үшін қоректендіретін электр станциясының қуатын шектеуге (егер бұл іс-шара тиімді болса) немесе жүктеме бөлігін ажыратуға әрекет ететін ЖАТ құрылғылары қолданылады [1].

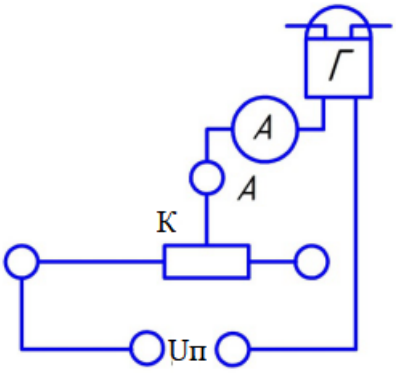
Бақылау сұрақтары:

1. Аварияға қарсы автоматиканың мақсаты қандай?
2. Аварияға қарсы автоматика құрылғыларының негізгі түрлері қандай?
3. ОБАА құрылғысының істен шығуы қандай зардаптарға әкелуі мүмкін?
4. Станция генераторларының параллель жұмыс істеу тұрақтылығы бұзылған кезде қандай аварияға қарсы автоматика құрылғысы қолданылады?
5. Жиіліктің қауіпті төмендеуіне әкелетін қуат тапшылығы аварияға қарсы автоматиканың қандай құрылғысымен жойылады?

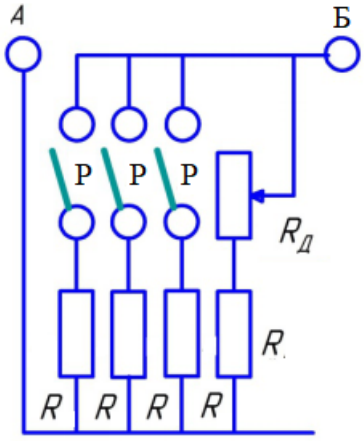
4 Релелік қорғаныс пен автоматиканы тексеру

4.1 Қорғаныс пен автоматиканы тексеруге арналған аппаратура

Токты реттеуге арналған аппаратура. Ток мөлшерін реттеу үшін реостаттар, автотрансформаторлар және жүктеме трансформаторлары бар сұлбалар қолданылады. Ең жиі релелік қорғаныстың екі типті реостаттары қолданылады: сырғақты және секциялық.



4.1-сурет - Сырғақты реостат көмегімен токты реттеу



4.2 сурет - Секцияларды параллель қосатын секциялық реостат

Сырғақты реостат, әдетте, керамикалық немесе фарфор цилиндріне оралған жоғары кедергі сымынан (мысалы, никелин) жасалады. Реостат бойымен сым орамдарына қысылған сырғытпа жылжуы мүмкін. Сырғытпа реостаттардың артықшылығы - реттеу бірқалыптылығы, ал кемшілігі - рұқсат етілген токтардың аз шамасы. Іс жүзінде сырғытпалы реостаттар 10-15 А дейін токқа жасалады. Реостат 4.1-суретте көрсетілгендей, тексерілген релемен ретімен қосылады.

Секциялары параллель қосылған секциялық реостат токтарды 70-100 А дейін реттеуге мүмкіндік береді (4.2-сурет). Реостат бір шеті бір-бірімен және А қысқышпен қосылған, ал екіншісін Р айырғыштарына қосылған спиральді сым немесе R түтікті металл кедергіден тұрады.

Р айырғыштарын кезек-кезек қоса отырып, параллель қосылған секциялардың санын өзгертуге болады, демек, реостаттың жалпы кедергісін азайтуға болады:

$$R_{жал} = \frac{R}{n} \qquad (4.1)$$

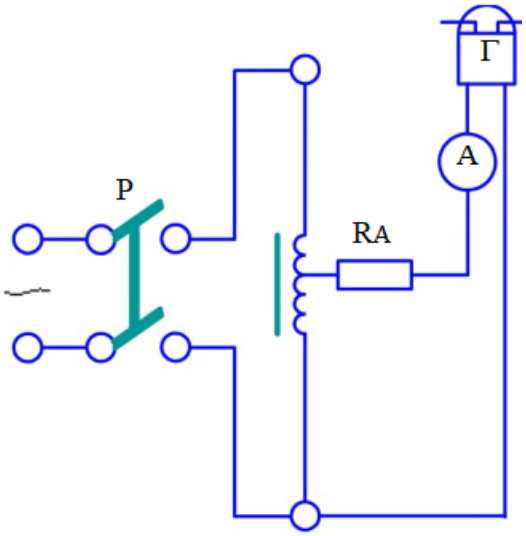
мұнда, $R_{жал}$- реостаттың жалпы кедергісі; $R_П$- бір секцияның кедергісі; n - параллель қосылған секциялар саны.

Мұндай реостатты пайдаланған кезде ток шамасы сатымен өзгереді. Р айырғыштарын ауыстырып қосқанда, токтың сатылы реттелуі, ал сырғытпа

реостат қозғалысының орнын ауыстырып - сатылар арасындағы бір қалыпты реттеуін қамтамасыз етеді.

Токты реттеу үшін 4.3-суретте көрсетілгендей қосылатын зертханалық автотрансформаторлар да қолданылуы мүмкін. Токтық релемен тізбектің толық тогына есептелген қосымша кедергі $R_Д$ = 2-3 Ом қосылады.

Автотрансформаторды аралық релелерді және іске қосылу кезінде кедергісі күрт өзгеретін ауыспалы ток катушкаларын тексеру кезінде токты реттеу үшін қолдануға болмайды.



4.3-сурет - Автотрансформатордың көмегімен токты реттеу

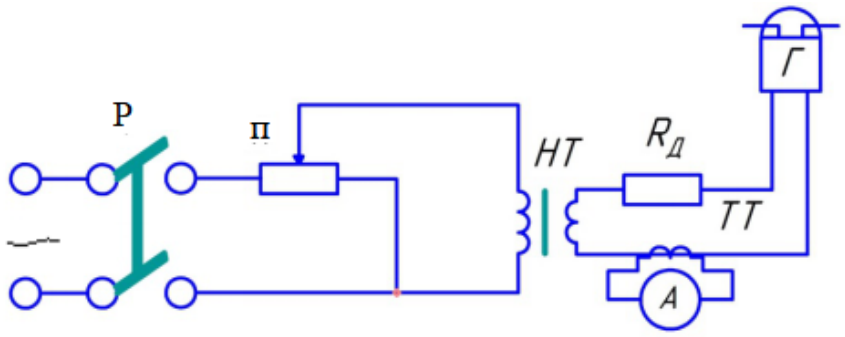
70-100 А жоғары ток кезінде айнымалы токты реттеу үшін жүктеме трансформаторлары бар сұлбаларды пайдалану ыңғайлы (4.4-сурет), өйткені мұндай үлкен токтарға реостаттар тым үлкен болады. Қоректену көзіне қосылатын НТ жүктемелі трансформаторының алғашқы орамасы орамдардың көп саны бар, ал релеге қосылатын екінші орам, шағын. Трансформатордың екінші орамында және реледе өтетін ток бастапқы токтан бірнеше есе көп, бірінші орамның орамдарының саны екінші орамнан көп:

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{\omega_1}{\omega_2} \qquad (4.2)$$

Трансформатордағы жүктемелік трансформатормен тексеру сұлбасында трансформатордың бастапқы орамындағы салыстырмалы шағын токтарды өзгерте отырып, реледегі үлкен токтарды реттеуге болады. Екінші реттік ток шамасы жүктеме трансформаторының трансформация коэффициентінің өзгеруімен және П бірқалыпты потенциометрмен немесе қоректену жағынан қосылған автотрансформатормен реттеледі.

Реледе өтетін ток екінші реттік тізбекке ТТ Ток трансформаторы арқылы қосылған А амперметрімен өлшенеді. Жүктеме трансформаторының бастапқы орамынан амперметрді қосу керек емес, өйткені жүктеме трансформаторының трансформация коэффициентінде үлкен қателік бар.

Пайдалануда 1000-2000 А дейінгі ток шығуында оларға қосылған жүктеменің кедергісіне байланысты ток жасауға мүмкіндік беретін жүктеме трансформаторлары қолданылады.



4.4-сурет - Жүктеме трансформаторының көмегімен токты реттеу

Болат өзекшелердің қанықтығынан туындаған бұрмалауды болдырмау үшін тексерілетін $R_{\text{СУММ}}$құрылғы тізбегінің жиынтық белсенді кедергісі оның жиынтық реактивті кедергісінен$X_{СУММ}$ едәуір артық болуы тиіс :

$$\frac{R_{\text{сумм}}}{X_{\text{сумм}}} \geq 5 - 10 \qquad (4.3)$$

4.4-суретте келтірілген сұлбада (4.6) шартын қамтамасыз ету үшін реле қосылған қосымша кедергі қосылған $R_{\text{Д}}$. Бұл ретте, $R_{\text{СУММ}}$тексерілетін реле және қосымша кедергі жүктемелі трансформатордың кедергілерінің қосындысы ретінде анықталады, ал $X_{\text{СУММ}}$- жүктемелі трансформатордың және тексерілетін реле реактивті кедергілерінің қосындысы ретінде анықталады.

Электрмагнитті ток релесі, сондай-ақ айнымалы токты қосу және ажырату іске қосылған кезде, электромагниттері ауа саңылауы өзгереді демек, реле кедергісі өзгереді.

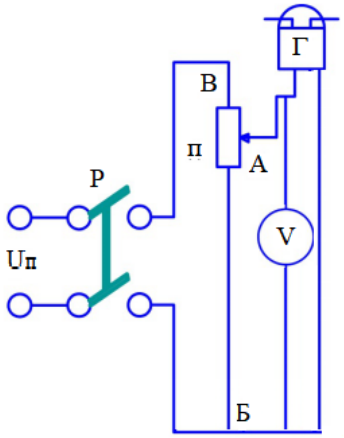
Бұл реле мен электромагниттерді тексеру кезінде айналмалы моменттің өзгеріссіз қалуы үшін, реле тізбегіндегі ток оның кедергісін өзгерткенде айтарлықтай өзгермеуі қажет. Бұны, тексерілетін релемен едәуір үлкен кедергіні арақатынас қанағаттандырылатындай қоса отырып болады қамтамасыз етуге болады

$$\frac{Z_{\text{тіз}}}{Z_{\text{реле}}} \geq 5 - 10 \qquad (4.4)$$

Кернеуді реттеуге арналған аппаратура. Кернеу шамасын реттеу үшін кернеудің реостатты бөлгіштері–потенциометрлер мен реттеуші автотрансформаторлары бар сұлбалар қолданылады.

Потенциометр ретінде шамасы баяу немесе сатымен өзгеретін кез келген реостат-кедергі пайдаланылуы мүмкін. 3 А дейін кернеу тізбектерінде қолданған кезде 4-5 суретте көрсетілгендей, қосылған П жүгірткі реостатын пайдалану өте ыңғайлы.

Реледегі реостат қозғалысының күйіне байланысты әртүрлі кернеу беріледі. Реостат қозғалтқышын бір шеткі Б күйден екінші В күйге ауыстыра отырып, реледе берілетін кернеуді нөлден қоректендірудің толық кернеуіне дейін бірқалыпты реттеуге болады.



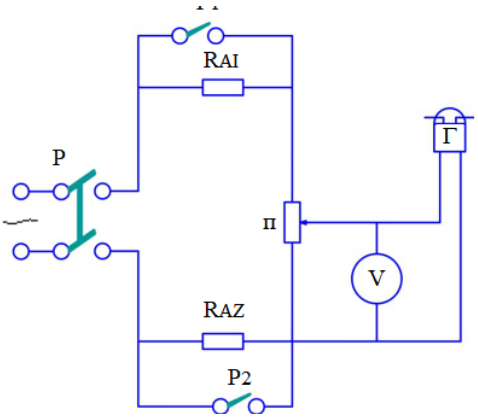
4.5-сурет - Потенциометрдің көмегімен кернеуді реттеу

Практикада потенциометрдің кедергісі қоректену кернеуінің әрбір вольтына шамамен 0,5-1 Ом таңдалады. Осылайша, 100-200 Ом кедергісімен потенциометр тұрақты және айнымалы токтың 100 - 220 В қоректену кернеуінде реттеу үшін жарамды.

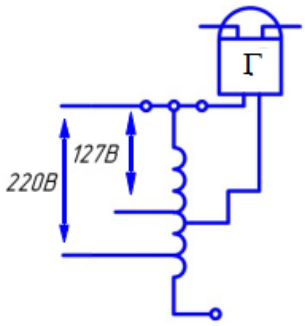
Потенциометр ретінде пайдаланылатын реостатты таңдау кезінде потенциометрдің ВА учаскесінде өтетін ток токтың жиынтығына тең екенін ескеру қажет: I_P, релеге өтетін және $I_П$потенциометрмен өтетін. Демек, реостатты жиынтық токқа таңдау керек ($I_П$+ I_P):

$$I_п + I_p \geq \frac{U_п}{R_п} - \frac{U_п}{Z_p} \qquad (4.5)$$

мұнда $R_П$- потенциометрдің толық кедергісі; z_P- тексерілетін реленің кедергісі.



4.6 сурет - Шағын кернеуді реттеу үшін потенциометрмен сұлба



4.7-сурет - Зертханалық автотрансформатордың көмегімен кернеуді реттеу

Реле кедергісі потенциометрдің кедергісінен едәуір асып кеткен жағдайда $R_{\Pi}<z_P/10$, кернеуді реттеу үшін 2-2,5 А ток реостаттары қолданылуы мүмкін.

Тексерілетін реле орамасының қысқыштарындағы кернеу немесе жетек электромагниті аппараттың кедергісін арттыру салдарынан олар іске қосылған кезде өзгермеуі үшін потенциометрдің кедергі шамасын ара қатынасы орындалатындай етіп таңдау керек.

$$\frac{z_{CX}}{R_{\text{п}}} \geq 5 - 10 \qquad (4.6)$$

мұнда $z_{\text{СХ}}$- тексерілетін сұлбаның жиынтық кедергісі. Шағын кернеулерді бірқалыпты реттеу үшін 4.6-суретте келтірілген сұлба қолданылады, онда П потенциометрімен тізбектелген $R_{\text{Д}1}$ және $R_{\text{Д}2}$ кедергілері қосылған.

4-7-суреттерде көрсетілген ЛАТР типті зертханалық реттеу автотрансформаторы айнымалы кернеуді реттеу үшін кеңінен таралған және көп қолданылады. ЛАТР-1 типті 9 А дейінгі токқа және ЛАТР-2 типті 2 А дейінгі токқа автотрансформаторлары 127 немесе 220 В қоректену кернеуінде пайдаланылуы мүмкін. Аса жоғары жүктеме кезінде РНО (бір фазалы) және РНТ (үш фазалы) типті автотрансформаторлар пайдаланылады.

Айнымалы реттеу үшін құрылғыны таңдау кезінде кернеу тексерілетін реленің немесе басқа аппараттың кедергі сипатын ескеру қажет. Егер реленің өзегі кернеуді арттыру кезінде қанық болмаса, кернеуді бірдей табысты реттеу үшін потенциометр де автотрансформатор да пайдаланылуы мүмкін. Егер кернеудің жоғарылауына қарай реленің немесе басқа тексерілетін аппараттың өзекшесі қанық болса, соның салдарынан тізбектегі токтың қисық пішіні бұрмаланады, сондықтан автотрансформаторды пайдалану қажет.

Ток пен кернеу арасындағы бұрышты реттеуге арналған аппаратура. Ток пен кернеу фазасы бойынша жылжу бұрышын үшфазалы жүйенің қоректену кернеуінің ауыстырып қосқыш фаза реттегішінің көмегімен өзгертуге болады. Тізбектердің біріне бір фаза аралық кернеуді, ал екіншісіне, олардың үйлесімділігіне байланысты 0-ден 360° - ға дейінгі фаза бойынша 60° - тан кейін жылжу бұрыштарының алты түрлі мәнін алуға болады. Сол тәсілмен қосымша фазалық кернеуді пайдалана отырып, бұрыштарды сатылардың әр 30° сайын өзгертуге болады (0-ден 360° - ға дейінгі бұрыштардың барлығы 12 мәні).

Кернеу фазаларын ауыстырып қосу кезінде қателеспеу үшін және оларды тез орындау үшін алдын ала жасалған монтажы бар арнайы ауыстырып қосқышты қолданған жөн. Ауыстырып қосқыш фазареттегіштің кемшілігі сатылы реттеу болып табылады, бұл, әдетте, тексерілетін реленің іске қосылу бұрышын дәл анықтауға мүмкіндік бермейді.

Бұрышты бірқалыпты реттеу үшін ауыстырып қосқыш фазареттегіш потенциометрмен толықтырылады, оның көмегімен бұрышты 0-60°шегінде өзгертуге болады. Сонымен, коммутатормен фаза аралық кернеулерді

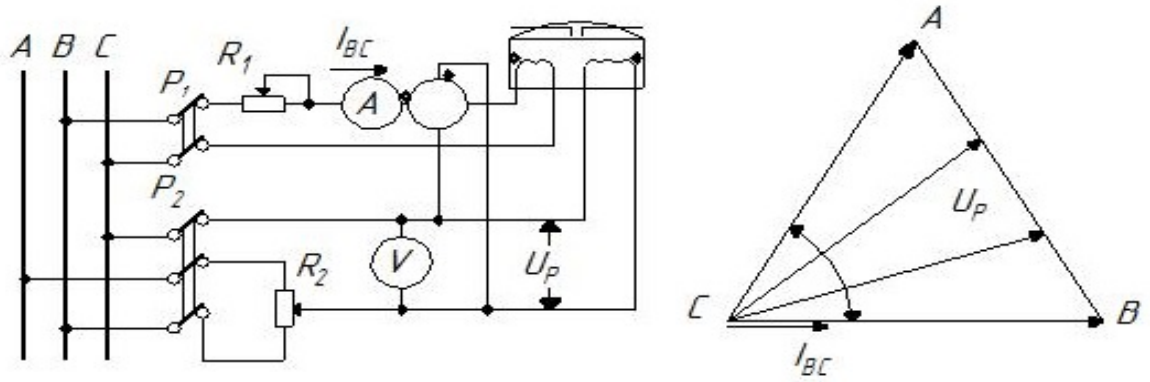
ауыстырып қосу бұрышын 60° - тан кейін сатымен өзгертеді, ал потенциометр қозғалтқышын жылжыта отырып, әрбір сатының шегінде бұрышты бір қалыпты реттеуді жүзеге асырады. Бұрышты біркелкі потенциометрмен 0-60° шегінде реттеу былайша жүргізіледі. Реле ток орамына UBC фазааралық кернеу векторының бағытына сәйкес келетін IBC тогы келтіріледі. Кернеу орамының бір қысқышына с фазасы қосылады, ал екіншісіне А және В фазалары арасында қосылған потенциометр қозғалтқышы қосылады.

Егер потенциометрдің қозғалтқышын төменгі шеткі күйге қойса, онда реледе UBC кернеуі беріледі, ал ток пен кернеу арасындағы бұрыш нөлге тең болады.

Потенциометрдің қозғағышын реле кернеуін орауға ең жоғарғы күйге ауыстырғанда UAC кернеуі жүргізілетін болады, бұл ретте кернеу орамындағы кернеу мен ток арасындағы бұрыш 60° - қа тең болады (4.8-сурет, б).

Потенциометр қозғалысының аралық күйлеріне бұрыштың нөлден 60°дейінгі аралық мәндері сәйкес келетіні анық. Кернеу фазасын ауыстырып және потенциометр қозғалтқышын жылжыта отырып, бұрышты нөлден 360°дейін бірқалыпты өзгертуге болады. 4.8-суретте потенциометрдің орнына автотрансформаторды пайдалануға болады.

Бұрышты бір қалыпты реттеудің қарастырылған тәсілінің кемшілігі потенциометрден алынатын кернеу шамасы қозғалтқышты ауыстыру кезінде өзгереді. Шеткі жағдайларда қозғалғыш шығыстағы кернеу фаза аралық кернеуге тең, ал орта қалыпта 1,15 есе аз. Кернеу реттеуішінің көмегімен фазареттегіш шығысындағы кернеу мөлшерін тұрақты бұрыш кезінде реттеуге болады [15].



4.8-сурет – Потенциометрдің көмегімен ток пен кернеу арасындағы бұрышты бірқалыпты реттеу. а –қуат бағытын тексеру сұлбасы, б-фазареттегіштің жұмыс принципін түсіндіретін диаграмма

Бақылау сұрақтары:

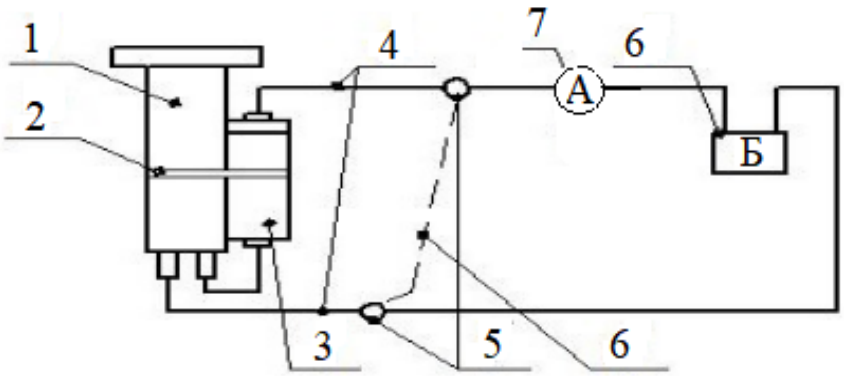
1. Ток шамасын реттеу үшін қандай құрылғылар қолданылады?
2. Кернеу шамасын реттеу үшін қандай құрылғылар қолданылады?

3. Ток пен кернеу арасындағы бұрышты реттеу үшін қандай құрылғылар қолданылады?

4. Реостат түрлерін және олардың мақсатын атаңыз?

5. Ток пен кернеу арасындағы бұрышты бір қалыпты реттеу үшін фазареттегіш немен толықтырылады?

4.2 Бақылау кабельдерін тексеру әдістері



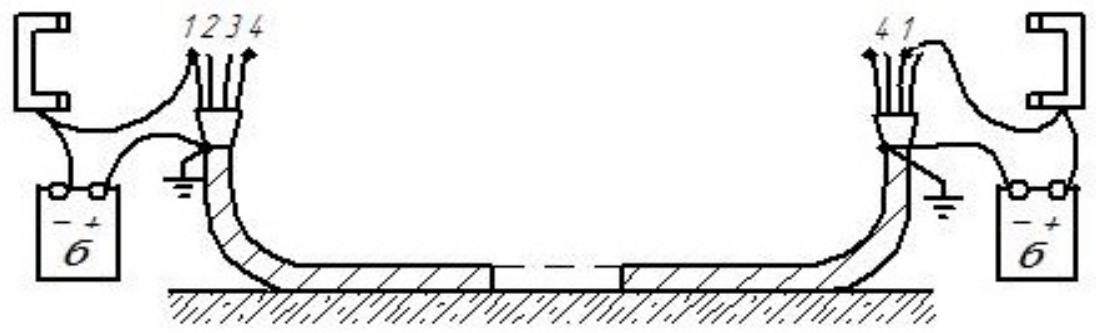
4.9-сурет - Сымдардың қысқа кесінділерін тексеру;
а - «сынаспап» көмегімен; б - вольтметрдің көмегімен; 1 - сынаспап; 2 - қамыт; 3 - батарейка; 4- «қолтырауын» типті қысқыштар: 5 - қуыс, 6 - дұрыс жасалуы тексерілетін учаске; 7 - вольтметр

Электр монтаждау жұмыстарының орындалуын тексеру екінші тізбек аппаратурасы бар құрылғыларды, қалқандарды, панельдерді, пульттерді сырттай қарау арқылы жүргізіледі. Сыртқы қарау кезінде екінші тізбектердің жасалған монтажының сапасы, барлық құрылғы монтажының және төсеу тәсілдерінің сәйкестігі және ПУЭ және ҚНжЕ бақылау және байланыс кабелінің желілерін қосу; орнатылған жабдық пен аппаратураның жобаға сәйкестігі; қысқыштар жиынтығының жарамдылығы, олардың жинақтылығы мен бекітілуі; таңбалаудың болуы, жазулардың орындалуының айқындығы және олардың ұзақ мерзімділігі; барлық аппаратураның бекітілуі мен орнатылуының сенімділігі, аспаптар мен реле зауыттық пломбалардың болуы; бақылау кабелінің арналарында; сымдар мен кабельдердің және т. б. маркаларының техникалық шарттары мен жобасына сәйкестігі тексеріледі.

Екінші тізбектердің бүтіндігін және оларды монтаждаудың дұрыстығын тексеру құрастырушылардың өзі процесінде және оны жөндеу мекемесі аяқтағаннан кейін жүргізіледі. Тексеру екі кезеңге бөлінеді: біріншісі - релелі панельдерді, басқару және сигнал беру қалқандарын, пульттерді және басқа құрылғыларды тексеру, екіншісі - бақылау және телефон кабельдерімен жасалған, аталған қалқандар, пульттер мен құрылғылар арасындағы сыртқы байланыстарды тексеру.

Бірінші кезеңде тексеру екінші реттік тізбектерді «сынаспаптары», батареялары, омметрлері және басқа да аппараттары бар 75 мВ милливольтметрлердің көмегімен тексеру арқылы жүргізіледі (4.9-сурет). Тексеру мынадан тұрады: тексеру қажет сымның бір шетіне «сынаспаптың» шығысы, батарейкасы немесе омметрі бар шам қосылады, ал осы сымның екінші шеті «сынаспаптың» іске қосылуы (панельдегі бірқатар ұштарға қосу), шамның жануы, милливольтметр немесе омметрдің тілшесінің ауытқуы бойынша табады.

Бақылау кабелінің желілерін таңбалаудың дұрыстығын тексеру



4.10-сурет - Бақылау кабелінің желілерін таңбалаудың дұрыстығын тексеру («тексеру»)

Омметрдің көмегімен тексеру қалқанында немесе панельде орнатылған аппараттар мен реле катушкаларының омдық кедергісін бір уақытта тексеруге мүмкіндік береді.

Екінші кезеңде тексеру әдетте телефон түтікшелерінің (4.10-сурет) немесе телефон гарнитураларының көмегімен жүргізіледі. Тексерілетін кабельдің барлық желілерін екі жағынан ажыратады. Тексеруді екі адам жүргізеді. Бір жағында телефон түтігін «жермен» және кабель желілерінің біреуімен жалғайды, ал екінші жағында түтіктің бір ұшы «жерге» жалғанады, ал екінші сыммен соғылып жатқан кәбілдің желілеріне кезек-кезек тиеді. Жалғанған кәбіл талсымына қосылған кезде түтікте тұйықталған тізбектің пайда болуын көрсететін тән тысыр естіледі. Осыдан кейін бір-бірімен телефон трубкалары арқылы сөйлесіп, сымның ұшын басқа желіге ауыстыру туралы нұсқау беруге болады, ол біріншіге ұқсас тексеріледі. Бір желі кабельдің қарама-қарсы екі ұшында болған соң оларды таңбалайды және сұлба бойынша жиынтық қысқыштарға қосады. Ұқсас желілерді табу үшін сондай-ақ зауытта жасалған ПЖ-30 аспабы және ПУ-71 сөйлесу құрылғысы пайдаланылады.

Осылайша тексерілген сымдар мен кабельдердің желілерін тексерген кезде анықталған түзетулер енгізілген монтаждау сұлбасы орындаушы болып табылады және объектіні пайдалануға беру кезінде қалған техникалық

құжаттамамен бірге тапсырыс берушіге беріледі. Екінші тізбектердің жоғары кернеуімен сынау арнайы қондырғылардан 1 мин ішінде ауыспалы токтың 1000 В жоғары кернеуімен толық жиналған. Екінші тізбектер кезінде оқшаулау кедергісін тексергеннен кейін жүргізіледі. Алайда арнайы қондырғы болмаған жағдайда, 2500 в мегаомметрмен тұрақты токпен оқшаулауды сынауға рұқсат етіледі. Айнымалы токтың жоғары кернеуімен оқшаулауды сынау 1000 В мегаомметрмен оқшаулауды алдын ала тексеру кезінде электр өрісі кернеулігінің жеткіліксіз деңгейіне байланысты анықталуы мүмкін емес оқшаулаудың өрескел және шоғырланған ақауларын анықтау үшін жүргізіледі.

Егер екінші тізбектердің оқшаулау кедергісі нормадан аз болса, онда екінші тізбектерді 1000 В өнеркәсіптік жиіліктегі жоғары кернеумен сынау міндетті болып табылады. Жұмыс кернеуі 60 В және одан аз екінші тізбектер жоғары кернеумен сынауға ұшырамайды.

Айнымалы токтың жоғары кернеуімен екінші тізбектерді сынау алдында: жоғары кернеу берілетін барлық аппаратураны, панельдерді, кабельдер мен қысқыштарды мұқият қарап шығып, қауіпсіздік техникасы бойынша қажетті шараларды қабылдау; сұлбаларда бар барлық жерге тұйықталуларды және сынау кернеуі 1000 В төмен аппараттарды ажырату; конденсаторларды шунттау, өйткені олар сынау кезінде зақым келтіруі мүмкін және үлкен индуктивті катушкаларды (ток трансформаторларының орамдары, электр магниттері мен кейбір реленің катушкалары) кернеу резонансының пайда болуын және кабельдің белгілі бір сыйымдылықтарында онымен байланысты асқын кернеуліктің пайда болуын болдырмау үшін; жартылай өткізгіш аспаптардың тізбектерін және аспаптардың, есептеуіштердің кернеуін орауды, кернеу релесін және сұлбадағы барлық жоғары кедергіні тұйықтау; тұрақты және айнымалы токтың барлық көздерін ажырату қажет.

Жоғары кернеумен сынау санын азайту мақсатында сыналатын тізбектерді кілттердің түйіспелерінде, сақтандырғыштарда, реледе және қысқыштардың жинақтарында бірін біріктіруге ұсынылады. Жоғары кернеумен сынауды арнайы аппараттармен жүргізеді. Сынақ былайша жүргізіледі: автотрансформатормен кернеуді 500-600 В дейін баяу көтереді және токтың ағуын, шығудағы кернеуді, сыналатын тізбекте жылжымалы разрядтардың және басқа да көрінетін тесік көздерінің бар-жоғын тексереді. Тесік болмаған жағдайда сынау кернеуін 1000 В дейін көтереді және оны 1 мин бойы ұстайды, содан кейін нөлге дейін бірқалыпты төмендетеді. Егер 1000 В кернеуінде тесіктер мен жылжымалы разрядтар, өткір итергіштер мен токтың кемуі болмаса, оқшаулау сынақтан өтті деп есептеледі. Оқшаулама тесілген жағдайда бүліну орны іздестіріледі және оны жойғаннан кейін осы тізбектерді 1000 В жоғары кернеумен сынау қайта жүргізіледі. Сынаудан кейін мегаомметрмен екінші тізбектердің оқшаулау кедергісін бақылап, өлшеу жүргізіледі. Оқшаулауды алдын ала (сынауға дейін) және бақылау (сынаудан кейін) өлшеулерінің нәтижелері айтарлықтай ерекшеленбеуі тиіс.

Сынаудан кейін сұлба қалпына келтіріледі (далдалар мен закороткалар алынады, сақтандырғыштар салынады, қоректендіру көздері қосылады). Екінші тізбектер жоғары кернеумен сынау жүргізілгеннен кейін пайдалануға беруге дайын [15].

Бақылау сұрақтары:

Электр монтаждау жұмыстарын орындауды тексеру қалай жүргізіледі?

2. Екінші тізбектердің бүтіндігін және олардың монтаждалуының дұрыстығын тексеру қашан жүргізіледі?

3. Омметрдің көмегімен кабельдің лақауын жүзеге асыруға не мүмкіндік береді?

4. Екінші тізбектердің жоғары кернеуімен сынау қашан жүргізіледі?

5. Қандай Екінші тізбектер жоғары кернеумен сынауға ұшырамайды?

4.3 Шамаларды орнату орны және контактілердің жұмысы бойынша реленің электрлік сипаттамаларын тексеру кезіндегі жалпы ұсынымдар

Тексеру түрлері, олардың кезеңділігі мен көлемі

Релелік қорғаныс құрылғыларының дұрыс және сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін оларды мезгіл-мезгіл тексеру қажет. Тексеру мерзімділігі объектінің жауапкершілігін, аппаратураның жай-күйін, қызмет көрсететін персоналдың біліктілігін және әрбір нақты жағдайға тән басқа да факторларды ескере отырып белгіленеді.

Тексерудің келесі түрлері бар.

- Релелік қорғаныс немесе электр автоматика құрылғысын пайдалануға енгізу кезінде, сондай-ақ оларды қайта құру кезінде орындалатын жаңа қосу кезінде тексеру және неғұрлым толық көлемде жүргізіледі.

- Толық жоспарлы тексеру, оның көлемі, әдетте, жаңа қосу кезінде тексеру көлемінен едәуір аз және пайдалану тәжірибесі негізінде әрбір құрылғы үшін орнатылады. Толық жоспарлы тексерудің міндеті-құрылғының дұрыс күйіне және оның негізгі параметрлерінің өзгермегеніне көз жеткізу. Толық жоспарлы тексеру, әдетте, 2-3 жылда 1 рет жүргізілуі тиіс. Бірінші жоспарлы тексеру әдетте жаңа қосылғаннан кейін 1 жылдан кейін орындалады.

- Сенімділігі төмен немесе аса ауыр жағдайларда (тозаңдануға және ластануға, жоғары және төмен температуралардың, ылғалдылықтың, химиялық жауын-шашынның және т. б. әсеріне ұшыраған) элементтерді немесе құрылғыларды қосымша тексеруге арналған ішінара жоспарлы тексеру. Ішінара жоспарлы тексерулер толық аралықтарда жүргізіледі, ал олардың мерзімділігі мен көлемін релелік қорғаудың жергілікті қызметтері анықтайды.

- Тағайыншамаларды өзгерту, сұлбаны ішінара өзгерту, құрылғының артық іске қосылу немесе істен шығу себептерін анықтау және т. б. қажет болған жағдайда орындалатын қосымша тексеру.

Бастапқы тізбекте орнатылған ажыратқыштарды немесе басқа да аппаратураларды ажырату және қосуды сынау. Сынау, коммутациялық аппаратураның, сондай-ақ релелік қорғаныс тізбектерінің жарамдылығын тексеру мақсатында орындалады.

Тексерулерден басқа, релелік қорғаныс қызметінің жұмысшысы релелік қорғау, автоматика, басқару және сигнал беру тізбектері құрылғыларын мерзімді (бірнеше айда 1 рет) тексеруі тиіс. Тексеру аппаратураның, жапсырманың, сынау блоктарының жай-күйінің және электр жабдығының басқа жұмыс режиміне сәйкестігін тексеру мақсатында жүргізіледі.

Қорғауды тексеру мүмкіндігінше ажыратылған жабдықта жүргізілуі тиіс. Қорғауды тексеру және қосылған жабдықта жүргізуге жол беріледі. Егер тексерілетін қорғаныс жалғыз болып табылса немесе егер жұмыста қалған қорғаныс қысқа тұйықталудың тез және сенімді ажыратылуын қамтамасыз етпесе, онда тексеру кезінде уақытша қорғаныс қосылуы тиіс. Бұл жағдайда шина айырғыш немесе аралау ажыратқышын қорғау қолданылуы мүмкін, ол арқылы тексерілген қорғанысы бар жабдық немесе осы мақсат үшін арнайы құрастырылған қорғаныс қосылады.

Сонымен қатар, негізгі жылдам әрекет ететін қорғанысты тексеру үшін ажыратылғанда, жұмыста қалған резервтік қорғанысын оның тағайыншамаларының өзгеруімен, мысалы, іске қосылу тогының төмендеуімен және уақыт ұстамымен жақсартуға болады, бұл ретте жекелеген жағдайларда оның селективті емес әрекет ету мүмкіндігіне жол береді.

Релелік қорғаныс құрылғыларын тексеру мынадай негізгі кезеңдерден тұрады:

- қорғауды жұмыстан шығару және оның қауіпсіздігін қамтамасыз ететін қажетті шараларды қабылдау;
- тағайыншамалардың өзгермеуін және қорғаудың жалпы жағдайын алдын ала тексеру;
- релені сыртқы және ішкі тексеру және барлық аппаратураның механикалық бөлігін тексеру;
- тізбектерді монтаждау мен таңбалаудың дұрыстығын тексеру;
- оқшаулауды сынау және тексеру;
- жедел ток тізбектері үшін сақтандырғыштар мен автоматтарды таңдаудың дұрыстығын тексеру;
- ток пен кернеуді өлшеу трансформаторларын тексеру, кернеудің екінші реттік тізбектерінде орнатылған сақтандырғыштар мен автоматтарды тексеру;
- аппаратураның тағайыншамалары мен электрлік сипаттамаларын тексеру;

- құрылғы сұлбасының барлық элементтерінің өзара әрекеттесуін және ажыратқыштарға және басқа коммутациялық аппаратураға әсер етуін тексеру;

- басқару аппаратурасы мен тізбектерін тексеру;

- құрылғыны толық сызбада бөгде көзден бастапқы токпен, жүктеме тогымен немесе қысқа тұйықталу тогымен тексеру;

- қорғауды іске қосу және қажетті құжаттарды ресімдеу.

Жеке реленің немесе құрылғының электр сипаттамалары жалпы оның жарамдылығын және күйге келтірудің берілген параметр-тағайыншамаларға сәйкестігін анықтайтын негізгі көрсеткіштер болып табылады. Реленің электрлік сипаттамаларын алу және реттеу, әдетте, аппаратураны механикалық тексеру аяқталғаннан кейін жүргізіледі. Жоспарлы тексеру кезінде реле ашылғанға және механикалық тексерілгенге дейін олардың негізгі электрлік сипаттамаларын өлшеу қажет. Мұндай тексеру тәртібі реле ашылғанға дейін алдын ала оның жарамдылығын бағалауға және осылайша механикалық ревизияның қажетті көлемін анықтауға мүмкіндік береді.

Егер жоспарлы тексеру кезінде өлшенген реленің электр параметрлері алдыңғы тексеру нәтижесінен және берілген тағайыншамалардан шамалы айырмашылығы болса, оны реттемеуге болмайды. Тағайыншамалардың максималды ауытқуларының келесі мәндерін рұқсат етілген деп санауға болады:

- тәуелсіз сипаттамасы ±0,1 қорғаныс уақытының ұстамы;

- тәуелді сипаттамасы бар қорғау уақытының ұстамы: тәуелді бөлікте ±0,15 с; тәуелсіз бөлікте ±0,1 с;

- тәуелсіз бөлікте (ажыратқыштың өшірілу уақытын ескере отырып) жетекке кіріктірілген реленің уақыт ұстамы ±0,15 с;

- қашықтық қорғаныстың іске қосылу кедергісі ±3%;

- айнымалы ток релесінің іске қосылу тогы (кернеуі) ±3%;

- сол сияқты келісілмейтін қорғаныстар үшін ±5%;

- жетекке орнатылған реленің іске қосылу тогы және кернеуі, ±5%,

- сол сияқты ажырататын және қосылатын катушкалар үшін ±5%;

- қуат бағытын іске қосу қуаты ±3%÷5%;

- тұрақты ток релесінің кернеуі мен іске қосылу тогы ±3%÷5%;

- қайтару коэффициенті: жанама әсер ететін реле ±0,03; тікелей әсер ететін кіріктірілген реле ±0,05 [15].

Бақылау сұрақтары:

1. Релелік қорғаныс құрылғыларын тексеру мерзімділігі қалай белгіленеді?

2. Релелік қорғаныс құрылғыларын тексерудің негізгі түрлері қандай?

3. Жаңа қосылғаннан кейін бірінші жоспарлы тексеру қашан орындалады?

4. Релелік қорғаныс құрылғыларын тексеру қандай мерзімділікпен жүзеге асырылады?

5. Релелік қорғаныс құрылғыларын тексеру қандай негізгі кезеңдерден тұрады?

4.4 Бір фазалы жүктеме трансформаторларынан бастапқы токпен қорғауды тексеру мақсаты және тәсілдері

Қолдану саласы және тексеру шарттары. Жүктемені токпен және жұмыс кернеуімен қорғауды тексеру, олар басқа тәсілмен тексерілуі мүмкін болмаған жағдайда жүргізіледі (мұндай құрылғыларға, атап айтқанда, ток трансформаторларынан да, кернеу трансформаторларынан да бір мезгілде қоректенетін релелері бар қорғаныстар жатады: кедергі релесі бар бағытталған максималды ток қорғанысы және т. б.); қорғанысты тексеру ол орнатылған күштік жабдықты ажыратпай жүргізілетін жағдайларда; жүктеменің бастапқы тогымен тексеру басқа тәсілмен қарағанда қарапайым және аз уақыт шығынымен орындалады.

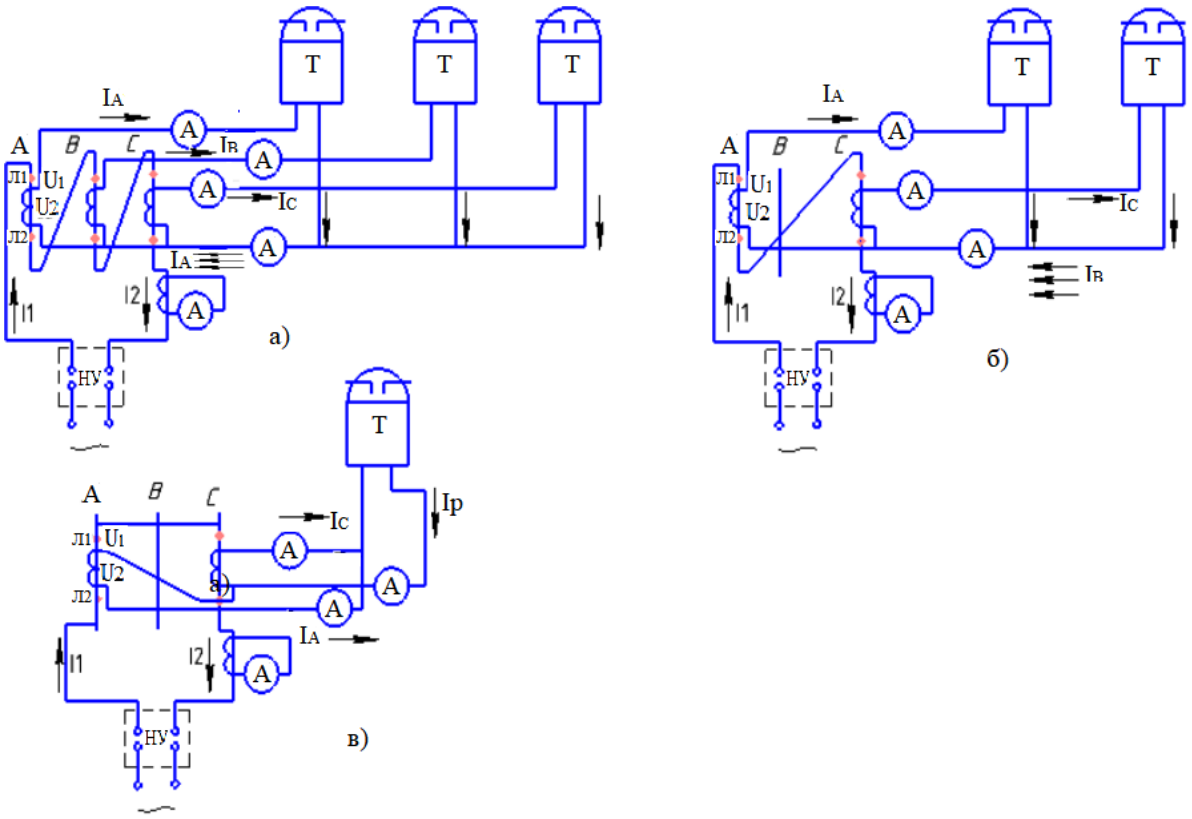
Қорғанысты жаңа қосу кезінде, ток пен кернеуді өлшеу, векторлық диаграммаларды алу, бағытталған әрекет релесінің дұрыс қосылуын талдау неғұрлым толық көлемде тексеру жүргізіледі. Жоспарлы тексеру кезінде нәтижесінде реленің дұрыс қосылуы бұзылған жағдайда жұмыс жүргізілмесе ток пен кернеуді өлшеу шектеледі.

Тексерудің мақсаты және тәсілдері. Тексеру ток трансформаторларының бастапқы орамдарына тікелей ток беру кезінде жүргізіледі. Ақиқатқа неғұрлым толық сәйкес келетін бұл тексеру ток тізбектері ажыратылған және олардың жарамдылығы мен дұрыс қосылуына көз жеткізу қажет болған кезде жаңа қосу және басқа да тексерулер кезінде жүргізіледі.

Бастапқы токпен тексеру соңғы болып табылады және қорғаныс панеліндегі барлық жұмыстар аяқталған соң және барлық ток тізбектері қосылған соң жүргізіледі.

Ток тізбектерін бұзбау үшін өлшеу арнайы ток өлшегіш қысқыштардың көмегімен жүргізіледі (мысалы, ВАФ аспабында бар). Ток өлшегіш қысқыштар болмаған кезде екінші токтарды өлшеу өлшегіш қысқыштар мен сынақ блоктарының көмегімен тізбектерді ажыратпай жүргізіледі. Шағын токтар, мысалы, теңгерімсіз токтар өлшеуіш қысқыштарға немесе сынақ блоктарының қысқыштарына қосылатын миллиамперметр көмегімен өлшенеді.

Бір фазалы жүктеме құрылғыларынан бастапқы токпен тексеру. Қарапайым ток қорғанысын бастапқы токпен тексеру үшін жоғарыда қарастырылған жүктеме құрылғылары қолданылуы мүмкін. Ток трансформаторларын жалғаудың әр түрлі сұлбаларын тексеру сұлбалары 4.11-суретте келтірілген.



4.11-сурет - Ток трансформаторын қосу кезінде бір фазалы жүктеме құрылғысынан бастапқы токтарды тексеру: а - толық жұлдыз сұлбасы бойынша, б - толық емес жұлдыз сұлбасы бойынша, в - токтардың әртүрлілігіне

Жүктеме құрылғысынан түсетін бастапқы ток, екіншілік тізбектердегі ток номиналдық ток трансформаторының 10-20% шамасына жеткенше ұлғайтады. Екінші реттік тізбектердегі токтарды өлшей отырып, ток тізбектерінің дұрыстығын және олардың дұрыс қосылуын, сондай-ақ ток трансформаторларының белгіленген трансформация коэффициентінің дұрыстығын тексереді [15].

Бақылау сұрақтары:

1. Жүктемені токпен және жұмыс кернеуімен қорғауды тексеру қашан жүргізіледі?
2. Қорғаныс жаңа қосылғанда тексеру қандай кезеңдерден тұрады?
3. Бастапқы токпен тексеру қалай жүзеге асырылады?
4. Жүктемені токпен қорғауды тексеру үшін қандай құрылғылар қолданылады?
5. Қандай сұлбалар бойынша жиналған жүктеме құрылғылары тексеріледі?

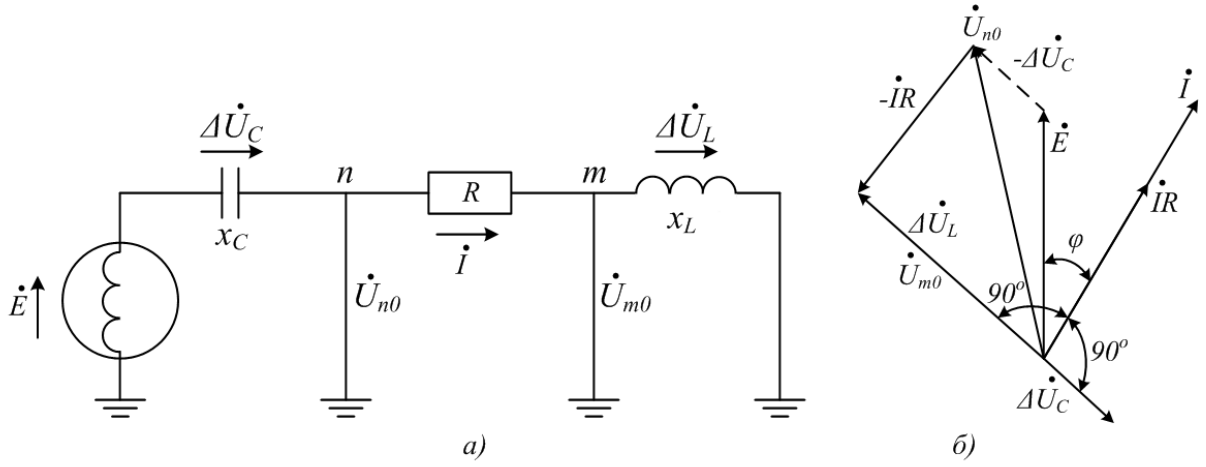
4.5 Ток пен кернеудің векторлық диаграммалары

Векторлық диаграммалардың міндеті. Релелік қорғанысты жобалаумен және пайдаланумен айналысатын қызметкерлерге өз жұмысында векторлық диаграммаларды - қарастырылып отырған сұлбада болатын электр процестеріне сәйкес келетін белгілі бір үйлесімде жазықтықта құрылған ток және кернеу векторларын жиі пайдалануға тура келеді.

Токтардың және кернеулердің векторлық диаграммалары қысқа тұйықталуларды есептеу кезінде, қалыпты режимде ток бөлуді талдау кезінде құрылады. Ток пен кернеудің векторлық диаграммаларын талдау негізгі болып табылады, ал бірқатар жағдайларда ток пен кернеу тізбектерінің дұрыс қосылуын және дифференциалды және бағытталған қорғаныс сұлбаларында реленің қосылуын тексерудің жалғыз тәсілі болып табылады.

Іс мәні бойынша векторлық диаграмманы құру қарастырылып отырған релеге екі немесе одан да көп электр шамалары берілген барлық жағдайларда орынды: ең жоғары ток немесе дифференциалды қорғаныстағы токтардың айырмасы, қуат бағытының релесіндегі немесе бағытталған кедергі релесіндегі ток және кернеу. Векторлық диаграмма қысқа тұйықталу кезінде қарастырылатын қорғаныс қалай жұмыс істейтінін, яғни оның дұрыс қосылуын бағалауға мүмкіндік береді. Диаграммада ток және кернеу векторларының өзара орналасуы қарастырылатын тізбектің сипаттамасымен, сондай-ақ шартты түрде қабылданған ток пен кернеудің оң бағыттарымен анықталады.

Мысал үшін, екі векторлық диаграмманы қарастырайық. 4.12-суретте генератордан және дәйекті біріктірілген сыйымдылықты белсенді және индуктивті кедергілерден тұратын айнымалы токтың бір фазалы тізбегі көрсетілген (индуктивті кедергі сыйымдылық xL > xC артық екенін ескереміз).



4.12-сурет – Векторлық диаграммалар: а - генератордан және тізбектей қосылған сыйымдылық белсенді және индуктивті кедергілерден тұратын айнымалы токтың бір фазалы тізбегі; б - ток пен кернеудің оң бағыттары.

Ток пен кернеудің оң бағыттары, сондай-ақ жоғарыда қарастырылған жағдайларда да, 4.12-суретте көрсетілген, ал бағыттамалармен белгіленеді. Векторлық диаграмманы құру 4.12-суретте тік орналасқан э. қ.к векторынан бастаймыз. Қарастырылып отырған тізбекте өтетін ток шамасы келесі өрнектен анықталады:

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}} \quad (4.7)$$

Қарастырылып отырған тізбекте белсенді және реактивті кедергілер бар болғандықтан, xL > xC, ток векторы кернеу векторынан φ бұрышына артта қалады

$$\varphi = arctg\frac{X_L-X_C}{R} \quad (4.8)$$

4.12, а суретіндегі N нүктесіндегі кернеу келесі өрнекке сәйкес анықталады:

$$U_{no} = E - \Delta U_c \quad (4.9)$$

4.12, б суретіндегі вектордан 90°бұрышқа артта қалған вектор салынған. N нүктесіндегі кернеу векторлардың айырмашылығымен анықталады. M нүктесіндегі кернеу соған ұқсас анықталады:

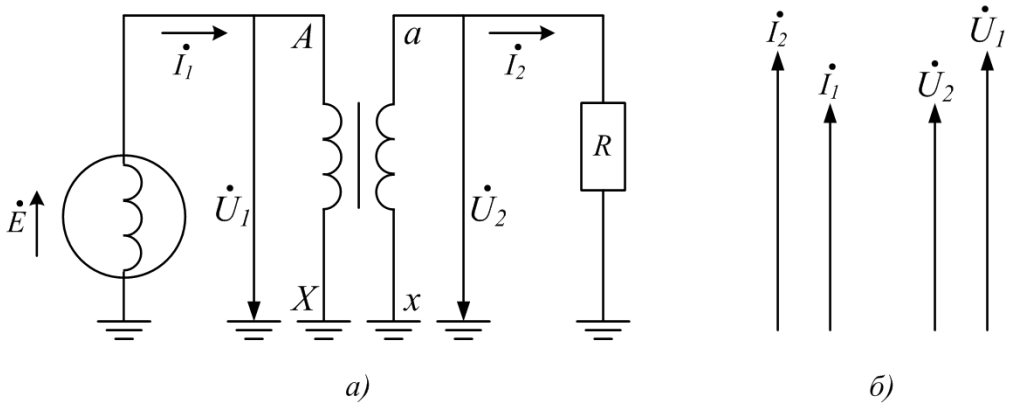
$$U_{mo} = U_{no} - \Delta IR \quad (4.10)$$

4.12, 2-суретте көрсетілгендей, бұл соңғы векторU_{n0} индуктивті кедергідегі кернеудің төмендеуіне тең боладыΔU_L.

Трансформация болған кездегі векторлық диаграммалар

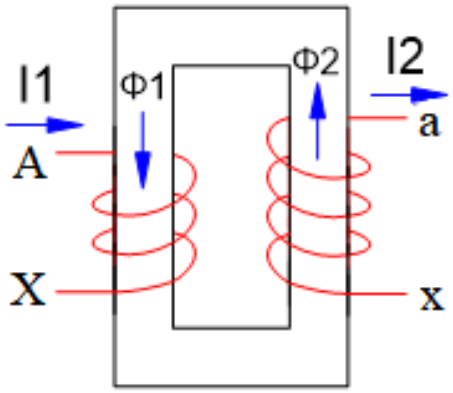
Электр тізбегінде трансформаторлар болған кезде трансформатордың әртүрлі жақтарында Токтар мен кернеулердің векторлық диаграммаларын салыстыру үшін қосымша шарттарды енгізу қажет. Бұл ретте токтардың оң бағыттарын трансформатор орамаларының полярлығын ескере отырып қою керек.

Трансформатор орамасының бағытына байланысты ток трансформаторының өзара бағыты өзгереді. Күштік трансформатордың орамаларындағы токтардың бағытын анықтау және оларды өзара салыстыру үшін трансформатордың орамдарына «басы» және «соңы» шартты белгілері беріледі.



4.13-сурет – Трансформатор орамындағы ток пен кернеудің шартты оң бағыттарын анықтау. а – тізбек сұлбасы, б-трансформатор орамындағы ток пен кернеу диаграммасы

4.13-сурет, а) сұлбасында э.қ.к көзі мен жүктеме арасында трансформатор қосылады. Күш трансформаторының орамдарын А және а әрпімен, ұштарын - Х және х әрпімен белгілейміз. Бұл ретте орамдардың бірінің «басы» ерікті түрде қабылданғанын, ал екіншісі - трансформатордың екі орамына берілген токтардың шартты оң бағыттарының негізінде анықталғанын ескеру қажет. 4.13-суретте күштік трансформаторлар орамаларындағы токтардың оң бағыттары көрсетілген. Бастапқы орамда токтың «басынан» аяғына», ал екінші орамда - «соңынан «бастап» басына «дейінгі бағыты оң болып саналады.



4.14-сурет - Трансформатор орамындағы токтардың оң бағыттарын таңдау

Бұл жағдайда ток трансформаторының кедергісі трансформатордың қосылғанға дейінгі сияқты болады. Сонымен бірге, магнит өткізгіште екі токты түзетін магнит ағындары қарама-қарсы бағытталған (4.14-сурет), магниттеу тогын елемей, мінсіз трансформатор үшін келесі теңдікті жазуға болады:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = 0 \text{ или } I_1\omega_1 - I_2\omega_2 = 0 \qquad (4.11)$$

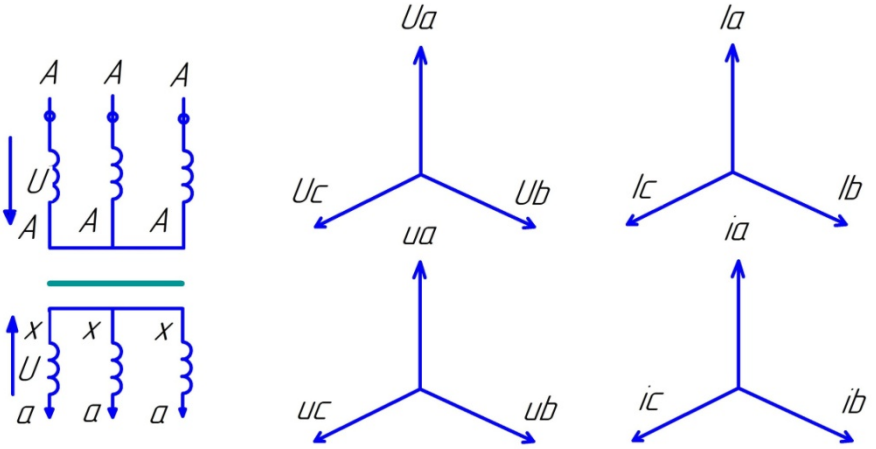
мұнда $\Phi_1, \Phi_2 -$ трансформатордың магнит өткізгішіндегі магнит ағындары, а $I_1\omega_1, I_2\omega_2$— осы ағындарды жасайтын магниттеуші күштер (м.к).

Соңғы теңдеуден:

$$I_1 = I_2 \cdot \frac{\omega_1}{\omega_2} \qquad (4.12)$$

Теңдікке сәйкес (4.14) $I_{1,}I_2$ векторлардың бірдей белгілері бар және сәйкесінше бағыт бойынша сәйкес келеді (4.13 сурет, б).

Трансформатордың орамаларындағы токтардың қабылданған оң бағыттары векторлық диаграммадағы бастапқы және екінші токтардың векторлары бағыт бойынша сәйкес келеді (4.13-сурет, б). Кернеу үшін, сондай-ақ екінші және бірінші кернеулердің векторлары 4.13-суретте көрсетілгендей сәйкес келуі үшін оң бағыттарды қабылдау ыңғайлы болмақ. Бұл жағдайда трансформатордың Y/Y-12 сұлбасы бойынша қосылуы орынды. Сәйкесінше, үш фазалы трансформаторға арналған жалғау сұлбалары және кернеу мен токтың векторлық диаграммасы 4.15-суретте көрсетілген.



4.15-сурет - Трансформаторды Y / Y-12 сұлбасы бойынша қосу, а - орамдарды жалғау сұлбасы, кернеудің векторлық диаграммасы, в - токтың векторлық диаграммасы

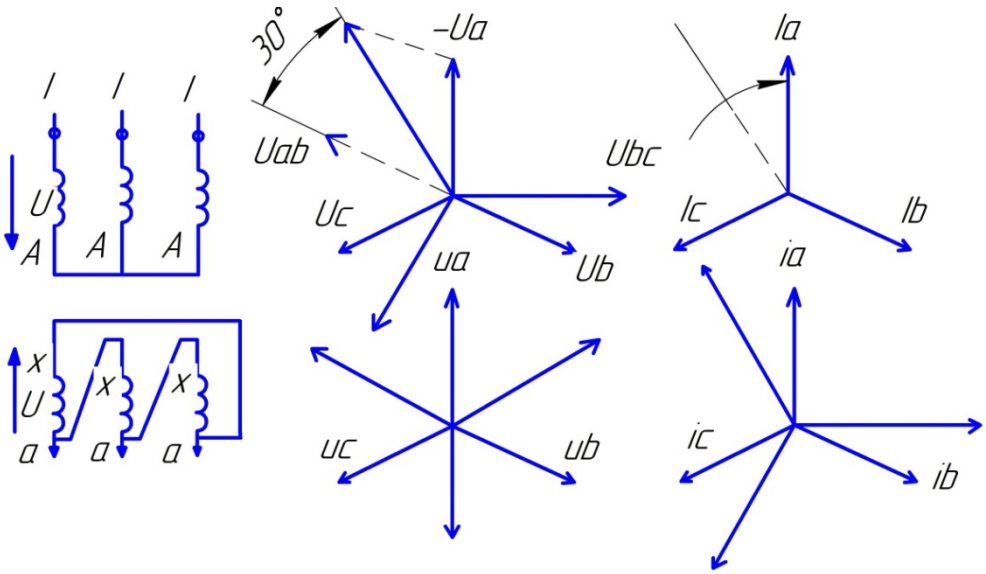
4.16, б суретінде Y/**Δ** -11 трансформаторын қосу сұлбасына сәйкес келетін кернеудің векторлық диаграммалары салынған. Орамдар жұлдызға жалғанған жоғары кернеу жағында фазааралық кернеу фазалық кернеуден $\sqrt{3}$ есе артық. Төменгі кернеу жағында орамдар үшбұрышқа жалғанған, фазааралық және фазалық кернеулер тең. Төменгі кернеу жақтары жоғары кернеу жақтары ұқсас фаза аралық кернеулерден 30° артта қалады, бұл Y/ **Δ** -11 жалғау сұлбасына сәйкес келеді.

Трансформатордың орамдарын қосудың қарастырылып отырған сұлбасы үшін екі жағынан өтетін токтардың векторлық диаграммаларын құруға болады. Бұл ретте біз қабылдаған шарттар негізінде трансформатор орамындағы токтардың тек оң бағыттары анықталғанын ескеру қажет. Трансформатордың төменгі кернеулі орамдарының шықпаларын шиналармен қосатын желілік сымдардағы токтардың оң бағыттары үшбұрышта өтетін токтардың оң бағыттарына қарамастан ерікті түрде қабылдануы мүмкін.

Мысалы, егер үшбұрышқа жалғанған шығыстардан төмен кернеу жағындағы фазаларда токтардың оң бағыттарын қабылдаса, шиналарға (4.16-сурет, а) келесі теңдіктерді жазуға болады:

$$I'_a = I_a - I_b;\ I'_b = I_b - I_c;\ I'_c = I_c - I_a \qquad (4.13)$$

Токтардың тиісті векторлық диаграммасы 4.16, в суретінде көрсетілген [2].



4.16-сурет - Трансформаторды Y/**Δ** -11 сұлбасы бойынша қосу, а - орамдарды жалғау сұлбасы, кернеудің векторлық диаграммасы, в - токтың векторлық диаграммасы

Бақылау сұрақтары:

1.Векторлық диаграмма дегеніміз не?

2.Векторлық диаграмманы құру қашан орынды?

3.Трансформация болған кезде векторлық диаграмманы құрудың ерекшелігі неде?

4.Y / Y-12 сұлбасы бойынша орамдары қосылған трансформатордың векторлық диаграммасы қандай түрге ие?

5. Y/**Δ** -11 сұлбасы бойынша орамдары қосылған трансформатордың векторлық диаграммасы қандай түрге ие?

4.6 Векторлық диаграммаларды алу

Векторлық диаграммаларды алу ережелері. Векторлық диаграммаларды алу, ток пен кернеу векторлары арасындағы бұрыштарды анықтаудан тұрады. Сондықтан векторлық диаграммаларды алу үшін, әдетте, ток пен кернеу арасындағы бұрышты өлшеуге болатын аспаптар қолданылады: фазометр, ваттметр және т. б. Векторлық диаграммаларды алу үшін ток өлшегіш қысқышы бар арнайы аспап - вольтамперфазоиндикатор (ВАФ-85) кеңінен қолданылады.

Әртүрлі аспаптарды қолдану өзінің ерекшеліктерімен сипатталады, бірақ сонымен бірге векторлық диаграмманы алу тәсіліне қарамастан орындалуы тиіс келесі жалпы ережелер бар:

1. Токтың векторлық диаграммаларын алу үшін токтармен синхронды кернеуді пайдалану қажет. Егер векторлық диаграмма токтардың өзара орналасуын талдау үшін алынса (мысалы, дифференциалды қорғаныс ток тізбектерінің дұрыс қосылуын тексеру кезінде) және диаграмманы алу бір фазалы фазометрмен жүргізілсе, өлшенетін токтармен синхронды бір фазааралық немесе фазалық кернеуді пайдалану жеткілікті.

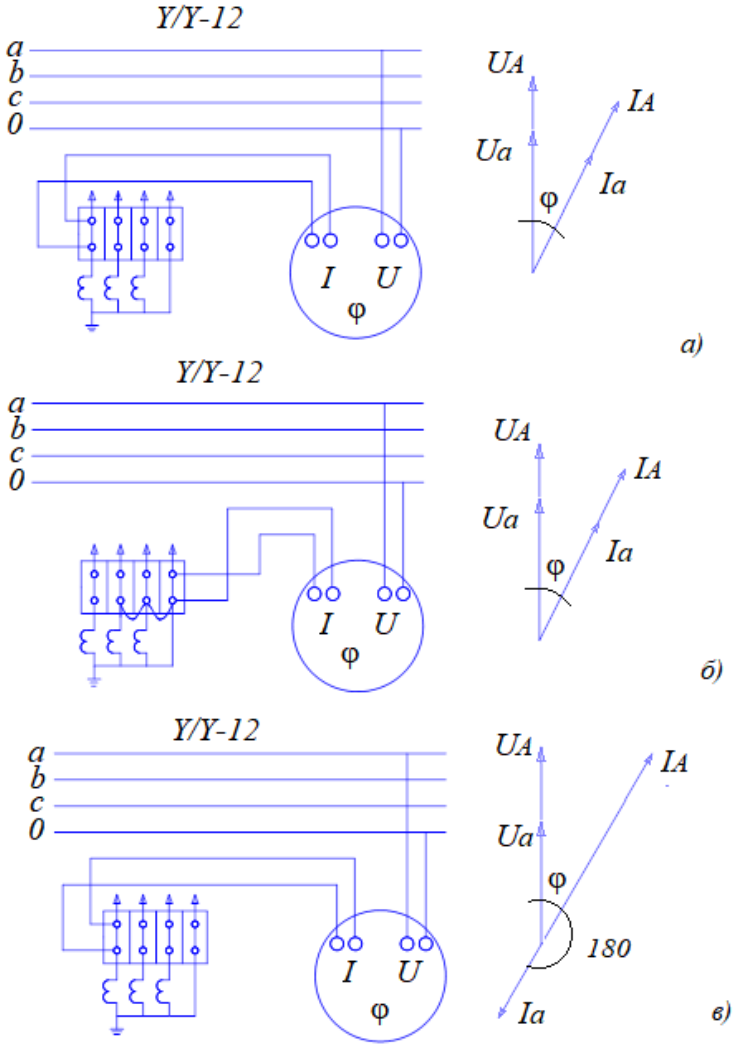
Егер векторлық диаграмманы алу кезінде, бізді ток пен кернеудің өзара орналасуы қызықтырса (мысалы, қуат бағытының релесінің дұрыс қосылуын тексеру кезінде), өлшеу кезінде пайдаланылатын үшфазалы кернеу симметриялы болуы және аспаптарға берілетін кернеу фазаларының қатаң белгіленген кезектілігі болуы қажет. Кернеу фазаларының қатаң кезектесуі және симметриясы векторлық диаграмманы алу үшін үш фазалы кернеу (мысалы, бір фазалы ваттметрді, вольтамперфазоиндикаторды пайдалану кезінде) пайдаланылатын барлық жағдайларда да қажет.

Токтың векторлық диаграммаларын алу үшін фазалық және фазааралық кернеуді қолдануға болады. Фазалық кернеулерді пайдалану кезінде алынған векторлық диаграмманы талдау оңай. Фазааралық кернеулерді аспапты көрсетуді ұлғайту мақсатында шағын токтар кезінде, сондай-ақ фазалық кернеулер айтарлықтай симметриялы емес кезде, егер олардың шамасының айырмашылығы 5%-дан асса, векторлық диаграммаларды алу үшін қолданған жөн.

2. Егер векторлық диаграмма ток және кернеу векторларының өзара орналасуына байланысты болатын қорғанысты тексеру үшін алынса, мысалы, қуат бағытының релесінде векторлық диаграмманы тексерілетін қорғаныс панеліне тікелей берілетін кернеу және ток аспабына қосу арқылы шешу керек.

3. Векторлық диаграммаларды алу үшін қолданылатын аспаптар орамалардың белгілі бір полярлығы болады, өйткені бұл аспаптардың көрсеткіштері ток пен кернеу арасындағы бұрышқа тәуелді болады. Ваттметр немесе фазометр орамаларының полярлығы қуат бағытының релесі сияқты белгіленеді.

Әдетте векторлық диаграммаларды алу кезінде аспап ток пен кернеу трансформаторларының екінші тізбегіне қосылады. Бұл ретте оның көрсеткіш белгісі бастапқы ток пен кернеу векторлары арасындағы бұрышқа ғана емес, сонымен қатар өлшеуіш трансформаторлардың орамдарын қосу сұлбасына да байланысты болады.



4.17-сурет – Векторлық шамаларды алу үшін фазометрді қосу сұлбасы

4.17-суретте фазометрдің фазалық кернеу U_a мен токқа I_a қосуының үш сұлбасы, сондай-ақ тиісті векторлық диаграммалар көрсетілген. Екіншілік U_a кернеу векторы кернеудің таңдалған оң бағыттарындағы бастапқы кернеу U_A векторымен және Y/Y-12 кернеу трансформаторларының орамдарын қосу сұлбасымен сәйкес келеді.

Бастапқы токтың векторы I_a , бастапқы кернеудің U_A векторынан φ шамасы бастапқы желінің активті және реактивті жүктемесінің арақатынасымен анықталатын бұрышқа қалады.

Екіншілік ток векторы I_a «тура полярлы» ток трансформаторларын жалғау сұлбасында таңдалған токтың оң бағыттары кезінде вектормен I_A

сәйкес келеді (нөлдік нүкте ток трансформаторларының екінші реттік орамдарының «ұшында» жиналған).

Фазометр кернеуінің орамасы 4.16-суретте келтірілген барлық жағдайларда сұлбада аспапта нүктемен немесе жұлдызшамен белгіленген полярлық қысқышпен а фазасының шықпасына жалғанады. Сондықтан фазометр кернеуге қатысты ток векторының бұрышын өлшейді U_{a}.

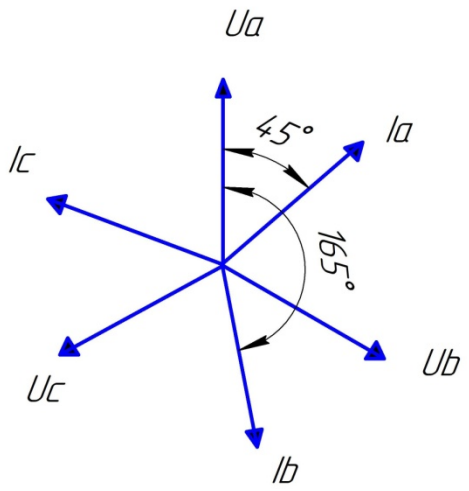
4.16, а және б суретінде келтірілген сұлба бойынша фазометрді қосқан кезде екінші реттік ток нүктемен белгіленген полярлық қысқышқа кіреді, сондықтан аспап U_{a} және I_{a} векторлары арасындағы бұрышты өлшейді. Фазометрді өлшеу φ тең болады. (4.16-сурет, а және б).

Фазометрді суреттегі сұлба бойынша қосқан кезде. 4.16, екінші реттік ток нүктесімен белгіленбеген ток орамасының қысымына кіреді, сондықтан аспап U_{a} және - I_{a} . векторлар арасындағы бұрышты өлшейді және фазометр өлшемі φ + 180°тең болады.

Егер аспап (фазометр немесе ваттметр) оның бір полярлы қысқыштары ток және кернеу трансформаторларының екінші орамдарының «басына» қосылатындай етіп қосылса, онда оның орамаларындағы токтар өлшеу трансформаторларын айналып өтіп, аспап бастапқы желіге тікелей қосылғанда өтеді. Аспаптың көрсеткіш белгісі бұл ретте бастапқы желідегі қуат белгісіне сәйкес келеді. Аспапты ток және кернеу тізбектеріне қосу, оның көрсеткіштерін бастапқы желідегі қуат ағынының белгілі бағытымен салыстыра отырып, ток және кернеу тізбектерінің дұрыс қосылуын тексеру мүмкіндігі болу үшін, қабылданған ережеге сәйкес бірдей орындалуы тиіс. Бұл ретте аспаптың ток орамасының «басы «(жұлдызшамен, нүктемен немесе плюспен белгіленген қысқыш) ток трансформаторының фазалық шығысынан келетін сымға, ал соңы - релеге немесе ток трансформаторларының нөлдік нүктесіне өтетін сымға қосылады. Аспаптың кернеу орамасының «басы» кезектесу тәртібімен фазаның кернеуіне қосылады. Мысалы, аспапты кернеуге қосқан кезде кернеу орамасының» басы фаза кернеуіне қосылады U_{ab} .

Жоғарыда тұжырымдалған ережеге сәйкес векторлық диаграммаларды алу үшін фазометрді қосу сұлбалары 4.17, а және б суретінде көрсетілген.

Фазометр көмегімен векторлық диаграммаларды алу. Векторлық диаграммаларды алу үшін бір фазалы фазометрді - ток пен кернеудің арасындағы бұрышты өлшейтін құралды пайдаланған абзал. Фазометрге бір кернеу, фазалық немесе фаза аралық, және барлық токтар кезекпен беріледі, сондықтан кернеу векторы мен токтардың әрқайсысы арасындағы бұрыш өлшенеді. 4.18-суретте U_{a} фазалық кернеу кернеуін орауға беру кезінде бір фазалы фазометр көмегімен алынған токтың векторлық диаграммасы салынған.



4.18-сурет - Бір фазалы фазометр көмегімен алынған векторлық диаграмма

Векторлық диаграммаларды бір фазалы ваттметрмен алу. Бір фазалы ваттметрдің векторлық диаграммаларын алу үшін пайдалану мүмкіндігі осы аспап көрсеткіштерінің ток пен кернеу арасындағы бұрышқа тәуелділігімен анықталады:

$$P_b = U_b I_b \cos \varphi_b \tag{4.14}$$

мұндағы φ - ваттметр орамдарына тартылатын кернеу мен ток арасындағы бұрыш.

Басқаша айтқанда, бір фазалы ваттметрдің кернеу векторына I_{a} ток векторының проекциясына пропорционал көрсеткіші U_{a} .

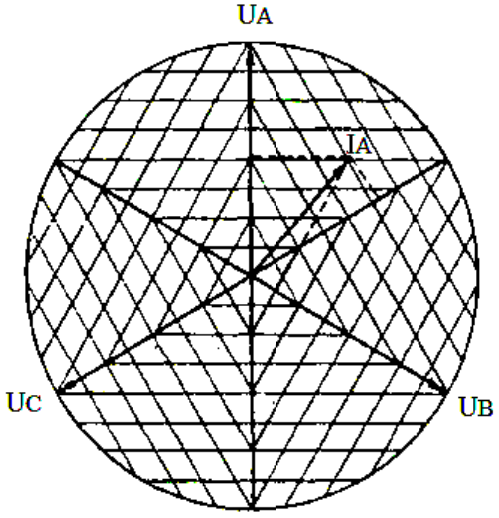
Ваттметрдің ток орамына ток бере отырып, мысалы I_{a} кернеу орамына U_{a} , U_b , U_c ,кернеу орамына ваттметрдің кернеу векторларына I_{a} ток векторының U_{a} , U_b , U_c проекциясына тең өлшемдерін аламыз. Екі-үш кернеуге ток векторының проекциясын біле отырып, вектордың өзін құруға болады.

Бұл үшін диаграммада кернеудің үш векторы құрылады, және оларда координаттар осьтеріндей анықталатын ток векторының проекциясына сәйкес қойылады. 4.18-суретте мысал ретінде бір фазалы ваттметрдің көмегімен анықталған фазалық кернеулерге оның проекциялары бойынша ток векторы салынған.

Токтың векторлық диаграммасын, егер координатаның осінен фазааралық кернеуді $U_{\text{a}b}$, U_{bc} , U_{ca} қабылдап, оларды кезекпен ваттметрге келтірсе, құруға болады.

Егер ток векторлары координаттар осінен тыс алынса, кернеу векторларын анықтау үшін де, токтың векторлық диаграммаларын алудың қарастырылған тәсілі қолданылады.

Бір фазалы ваттметрмен алынған векторлық диаграммаларды құру мен талдауды жеңілдету және жеделдету үшін үлгісі 4.18-суретте көрсетілген арнайы бланк қолданылады. Бланкінің төменгі бөлігінде кернеулер мен токтардың шамаларын, сондай-ақ ваттметр көрсеткіштерін жазуға арналған кестелер болады. Бұл жерде бастапқы желідегі активті және реактивті қуаттың бағыты жазылады, бұл қуат бағыты релесінің дұрыс қосылуын талдау үшін қажет.



4.19-сурет - Арнайы бланкіде бір фазалы ваттметр көмегімен алынған векторлық диаграмманы құру

Барлық өлшеулерді орындағаннан кейін координаталардың осьтері (U_a , U_b , U_c 4.19-суретте) белгіленеді және ток векторлары құрылады. Бұл үшін ваттметрдің көрсеткіштері құрастыру үшін ыңғайлы масштабта тиісті осьтерге па қойылады, және проекциялардың соңдарынан қиылысу нүктесі ток векторының ұшын анықтайтын перпендикулярлар қалпына келтіріледі. Диаграммадағы вектордың орналасуын анықтау үшін ваттметрдің екі өлшемі жеткілікті. Алайда, әдетте ваттметрге барлық үш фазалық немесе фазааралық кернеуді береді. Бұл ретте үшінші өлшем бақылау болып табылады, ол бойынша аспаптың жүргізілген қосылыстарының дұрыстығы тексеріледі.

4.19-суретте келтірілген бланктің ерекшелігі, векторлық диаграмманың дұрыс алынуын бақылауды оңай және ыңғайлы жүзеге асыруға мүмкіндік беретін ваттметрдің көрсеткіштерін жазу тәртібі болып табылады. Егер векторлық диаграмма дұрыс алынып тасталса, яғни өлшеулер кезінде ваттметр дұрыс қосылса, бір токқа қосылған және координат осінен кейін қабылданған барлық үш кернеуге кезекпен ваттметр көрсеткіштерінің алгебралық жиынтығы нөлге тең болуы тиіс (бланкінің тік бағандарындағы сандардың жиынтығы). Егер, бұдан басқа, векторлық диаграмманы алу кезінде анықталатын ток векторлары жүйесі симметриялы және фазалардың дұрыс кезектесуі болса, келесі шарт орындалады: ваттметр көрсеткіштерінің белгілері мен шамаларының кезектесуі оны барлық фазалардың токтарына

кезекпен қосқан кезде бірдей болуы тиіс (бланкінің тік бағандарындағы ваттметр көрсеткіштерінің белгілері мен шамаларының бірдей кезектесуі).

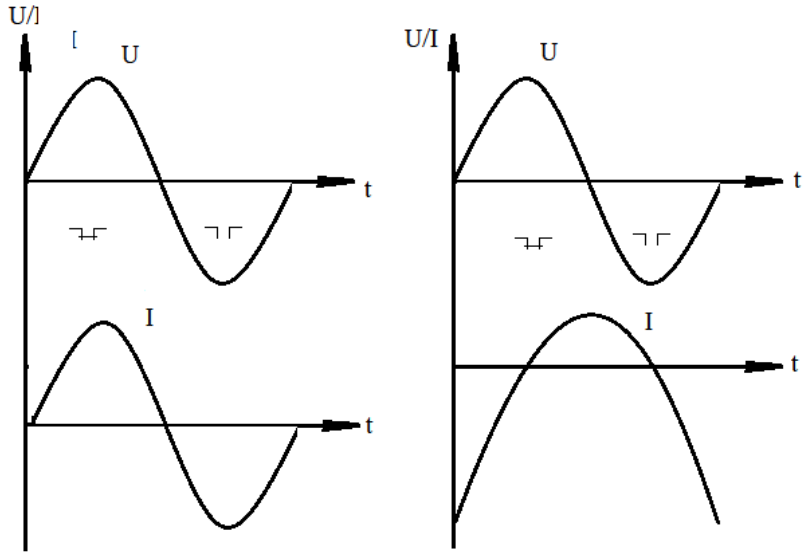
Бір фазалы ваттметрдің көмегімен токтардың векторлық диаграммасын алу үшін синхронды және симметриялы үш фазалы кернеуді пайдалану қажет. Сондықтан векторлық диаграмманы алуға кіріспес бұрын кернеу тізбегін тексеру қажет.

ВАФ-85 аспабының көмегімен векторлық диаграммаларды алу. Векторлық диаграммаларды алу үшін ВАФ-85 вольтамперфазоиндикаторы кеңінен қолданылады. Бұл аспап айнымалы ток пен кернеудің шамасын, ток пен кернеу арасындағы бұрышты (немесе екі ток немесе екі кернеу арасында) өлшеуге, сондай-ақ үш фазалы жүйенің кернеу фазаларының ауысуын анықтауға мүмкіндік береді. ВАФ-85 құралының негізгі қателігі 5% болғандықтан, ол дәл өлшеуге жарамсыз, сондықтан да индикатор деп аталады.

Ток пен кернеу арасындағы бұрышты өлшеу үшін өлшеу аспабына ток механикалық түзеткіш (МТ) арқылы беріледі. Поляризацияланған реле пайдаланылатын механикалық түзеткіш ретінде өзінің түйіспелерін оның орамына келтірілген айнымалы кернеу жиілігімен ауыстырады. Өлшеу аспабының тізбегіне қосылған реленің байланыстары бір жартылай период ішінде тұйықталған, ал екіншісінде тұйықталмаған. Нәтижесінде аспап орамындағы ток жарты кезең ішінде ғана өтеді.

ВАФ-85 қолданылатын магнитоэлектрлік аспаптың көрсеткіштері оның орамасы арқылы өтетін токтың орташа мәніне пропорционал. Сондықтан аспаптың көрсеткіші МТ орамына жүргізілген ток пен кернеу арасындағы бұрышқа тәуелді. Егер кернеу мен ток фазаға сәйкес келсе, аспаптың көрсеткіші барынша жоғары болады, өйткені жартылай период ішінде оның орамасы арқылы бір бағыттағы ток өтеді (4.20-сурет, а). Ток пен кернеу арасындағы бұрышта 90° аспапты көрсету нөлге тең болады, өйткені кезеңнің жартысы ішінде ток бір бағытта, ал кезеңнің келесі ширегі ішінде басқа бағытта өтеді. 0 және 90° арасындағы бұрыштардың аралық мәндеріне аспаптың аралық көрсеткіштері сәйкес келеді.

Бұрышты өлшеу мынадай тәртіппен жүргізіледі: $П_2$ ауыстырып қосқышы «Фаза» күйіне орнатылады. Аспапта фазареттегіштің статикалық қуат көзі үшін үшфазалы кернеу А, В, С беріледі, ол ретінде аспапта үшфазалы статор және бірфазалы роторы бар сельсин қолданылады.



4.20-сурет - ВАФ-85 жұмысын түсіндіретін диаграмма

Өлшенетін ток өтетін сым, өлшенетін ток жұлдызшамен белгіленген магнит өткізгіш жағынан ауа саңылауына кіретіндей қысқыштармен қамтылады. Тістеуіктердің магнит сымында орналасқан орамада жүргізілетін ток I, U күйіне орнатылатын $П_1$ ауыстырып қосқыш арқылы аспаптың орамасына түседі. Ток орамасының екінші тізбегі сондай-ақ полярлықты ескере отырып біріктірілуі тиіс, ол үшін вилка I ұяшыққа жұлдызшамен белгіленген оның аяғы жұлдызшамен белгіленген ұяшықпен сәйкес келуі тиіс.

Ток тізбектері мен кернеуді фазареттегіш Л лимбасының айналуымен қосқаннан кейін оның роторының күйі өзгереді, демек, статор орамасына берілген кернеудің симметриялық жүйесіне қатысты механикалық түзеткіш орамасындағы кернеу бұрышы да өзгереді. Фазареттегіш роторының және онымен байланысты лимбаның айналуы аспаптың көрсеткіші нөлге тең болғанша жалғасады. Бұдан кейін фазареттегіш статорына берілген фазааралық кернеудің шамасына байланысты «110» немесе «220» белгісімен көрсетілген лимба шкаласының бөлу саны бойынша өлшенетін ток векторы мен кернеу векторы арасындағы бұрыш анықталады. U_{ab} .

Бұрышты дұрыс өлшеу үшін келесі ережені сақтау қажет: фазареттегіш роторы бар лимбалар нөліне нұсқар жақындағанда нұсқар қозғалатын жаққа айналдыру қажет. Мысалы, лимб сағат тілі бойынша айналғанда аспаптың тілі солдан оңға қарай қозғалуы керек.

ВАФ-85 көмегімен токтардың векторлық диаграммасын алу былайша жүргізіледі. Аспапқа векторлық диаграмманы алу үшін пайдаланылатын АВС үш фазалы кернеу беріледі және барлық фазалық және фазааралық кернеулер өлшенеді. Фазареттегіштің лимбін қозғалмайтын күйде ұстап тұратын тежегіш босатылады және оның айналуы бойынша аспапта берілген кернеу фазаларының кезектесуі анықталады. Дұрыс кезектескен кезде лимб

сағат тілімен айналады. Лимб фазаларының ауысуын тексергеннен кейін тежегішпен тоқтатылады.

Содан кейін полярлықты ескере отырып, ток тізбегі жиналады және өлшенетін ток сым тістеуікпен қамтылады. Жоғарыда сипатталғандай, ток пен кернеу U_{ab} арасындағы бұрышты өлшеу жүргізіледі. Векторлық диаграмманы алумен бір мезгілде ток шамасы өлшенеді, ол үшін П2 ауыстырып қосқышы «Шама» күйіне ауыстырылады.

Векторлық диаграммаларды алып тастаудың қарастырылып отырған тәсілінің артықшылығы бірінші кезекте ток өлшегіш тістеуіктерді пайдалану болып табылады, бұл ток тізбектерінде ауыстырып қосуды жүргізбестен қажетті өлшеулерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. ВАФ-85 аспабы да ыңғайлы, себебі онда векторлық диаграммаларды (вольтметр, амперметр, фаза көрсеткіш және фаза өлшеуіші) алу үшін қажетті барлық аспаптар біріктіріледі.

Аспап пен тістеуіктердегі жұлдызшалар дұрыс белгіленбеуі мүмкін болғандықтан, тексеру алдында аспап көрсеткіштерінің дұрыстығына көз жеткізу қажет. Бұны аспапқа берілетін кернеу мен кернеу тізбегінің бір фазасындағы ток арасындағы бұрышты өлшей отырып жүзеге асыруға болады, мысалы, С. Ол үшін фазаның С сымы өлшеу қысқыштарымен, жұлдызша аспаптың жағына қарай бағытталатындай етіп қамтылады. Бұл ретте өлшенген бұрыш нөлге жақын болуы тиіс [2].

Бақылау сұрақтары:

1. Векторлық диаграммаларды алудың мәні неде?
2. Векторлық диаграммаларды алу тәсілдерін атаңыз?
3. Векторлық диаграмманы алу кезіндегі тәсілге қарамастан қандай жалпы ережелер орындалуы тиіс?
4. ВАФ-85 вольтампер-фазоиндикаторының тағайындалуы қандай?
5. Фазометр құралы дегеніміз не?

Қорытынды

Оқу құралын 0902000 - «Электрмен қамтамасыз ету» мамандығы бойынша техникалық және кәсіптік білім беру жүйесі үшін өзектендірілген үлгілік оқу жоспарлары мен бағдарламалары негізінде авторлардың ұжымы әзірледі.

Оқу құралы 090203 3 - Техник-электрик мамандығы бойынша КМ10 «Қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электр беріліс желілерінің электржабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу» кәсіптік модулін меңгеру нәтижесінде білім алушылардың кәсіби қызметті орындауға дайындығын, құзыреттіліктердің қалыптасу деңгейін бағалауға арналған.

Кәсіптік модуль оқу нәтижелерін және бағалау критерийлерін ескере отырып, келесі пәндерден жасалған: «Электр беріліс желілері мен қосалқы станциялардың электр жабдықтары», «Электрмен жабдықтау», «Релелік қорғаныс», «Еңбекті қорғау».

Оқу құралында қосалқы станциялар мен тарату желілерінің электржабдықтарына техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің жалпы мәселелері қарастырылды.

Кәсіптік модульді оқыту нәтижесінде студенттер меңгереді:

- электр энергиясы тұтынушыларының электр жүктемелерін анықтау әдістерін;
- негізгі электр жабдықтарының құрылымын, әрекет қағидасын;
- электр станциялары мен қосалқы станциялардың электр беріліс желілері мен электр жабдықтарының құрылымдық ерекшеліктерін;
- электр энергиясын қабылдағыштарын электрмен жабдықтаудың талап етілетін үздіксіз дәрежесі және жұмыс режимі бойынша жіктелуін;
- қосалқы станцияның өзіндік мұқтаж жүйесін, операциялық ток көздерін, қосалқы станциялардағы өлшеу жүйесін электрмен жабдықтау және артық кернеуден қорғау тәсілдері;
- кернеу шығыны бойынша электр тораптарын есептеу әдістемесі;
- жерге тұйықтаушы құрылғыларды есептеу және оларды орындау әдістемесі.

Оқу құралын пайдалану күрделі, ғылымды қажет ететін техник-электрик мамандығын жүйелі, кәсіптік оқытуды қалпына келтіруге және дамытуға ықпал етеді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Энергия жүйелерінің автоматикасы, - М,: Энергоатомиздат, 1985, 208 б.
2. Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. Релелік қорғаныс техникасының негіздері, - М,: Энергоатомиздат, 1984, 376 б.
3. Ванин В. К., Павлов Г. М. Аналогтық есептеуіш техника элементтеріндегі релелік қорғаныс. - Л.: Энергоатомиздат, 1983, 459 б.
4. Гельфанд Я.С. Электр тораптарының релелік қорғанысы.-М.: Энергоатомиздат, 1987, 428 б.
5. Варварин, В.К. Электр жабдықтарын таңдау және баптау. Анықтама құралы. - 2-ші басылым. – («Кәсіптік білім») / В. К. Варварин. М.: Форум - 2012.-240 б.
6. Кисаримов, Р.А. Электриктің анықтамасы / Р. А. Кисаримов. М.: РадиоСофт, 2010.-320 б.
7. Өнеркәсіптік кәсіпорындар мен қондырғыларды электрмен жабдықтау. –М.: Энергоатомиздат, 1989.
8. Кудрин Б.И. Өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
9. Липкин Б. Ю. Өнеркәсіп кәсіпорындары мен қондырғыларды электрмен жабдықтау. – М.: Жоғ.мек., 1990.
10. Ополева Г.Н. Электрмен жабдықтау сұлбалары мен қосалқы станциялары: Анықтамалық. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006.
11. «Электр жүктемелерін есептеу бойынша нұсқауларға» арналған оқу құралы (екінші редакция), М., 1993.
12. Сибикин Ю. Д. Өнеркәсіптік және азаматтық ғимараттарды электрмен жабдықтау. – М.: «Академия» баспа орталығы, 2007.
13. Сибикин, Ю. Д. Кәсіпорынның электр жабдықтарын монтаждау, қызмет көрсету және жөндеу кезіндегі еңбек қауіпсіздігі / Ю. Д. Сибикин. - М: КНОРУС, 2011. –288 б.
14. Сибикин, Ю. Д. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр жабдықтары мен желілеріне техникалық қызмет көрсету, жөндеу: ҮЕҰ-ге арналған оқулық/Ю. Д., Сибикин М.: Академия, 2007-432 б.
15. Чернобровов Н.В. -М.:Энергия, 1974, 680 б.
16. Электр қондырғыларын орнату ережесі. Министрлік, 6-шы басылым –М.Энергоатомиздат, 1985 ж.
17. Цигельман И. Е. «Электрмен қамтамасыз ету, электр тораптары және жарықтандыру». - М. Жоғары мектеп, 1969ж.

ЮСУПОВ С.Т., САРБАЕВА М.Д.,
НИГМЕТЖАНОВА М.К., МУДАРОВ А.А.

ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР МЕН ТАРАТУ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР БЕРІЛІС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫНА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУ

Басуға 10.12.2018 ж. қол қойылды
Пішімі 60*84 1/8
Цифрлық баспа
Шартты басп.т. 18,5. Таралымы 32 экз.

«Профи Полиграф» компаниясында басылған